



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA PROTOTYPU LOVECKÉ KUŠE

PRODUCTION OF A HUNTING CROSSBOW PROTOTYPE

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Ventruba

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Dvořák, Ph.D.

BRNO 2021

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Bc. Petr Ventruba**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Jaromír Dvořák, Ph.D.**  
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Výroba prototypu lovecké kuše

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V rámci zájmové činnosti autora je provedena jak konstrukční, tak technologická etapa kusové výroby prototypu lovecké kuše.

### Cíle diplomové práce:

- Zařazení lovecké kuše z technicko–historického pohledu
- Výběr technologií pro výrobu prototypu
- Konstrukce prototypu
- Stanovení dat pro technologický proces
- Výroba prototypu
- Posouzení dosaženého výsledku včetně diskuze k etapám řešení

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.

GIBSON, Ian, David W. ROSEN and Brent STUCKER. Additive manufacturing technologies: rapid prototyping to direct digital manufacturing. New York: Springer, 2010. P. 459. ISBN 14-419-1120-0.

IMAI, Masaaki. Kaizen. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

MICHNA, Štefan et al. Encyklopedie hliníku. 1. vyd. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.

PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Tato diplomová práce pojednává o výrobě prototypu lovecké kuše. V první části práce je shrnuta historie kuší, jejich historický vývoj a využití. V následující kapitole jsou obsaženy teoretické poznatky o jednotlivých technologických metodách, které jsou využity při výrobě prototypu. Dále je uveden návrh konstrukce prototypu, sestavení technologického procesu a finální výroba. V poslední části jsou zhodnoceny jednotlivé části výroby spolu s konečným výrobkem.

**Klíčová slova**

lovecká kuše, historie kuší, konstrukce kuší, technologie obrábění, technologie frézování, využití CAD/CAM technologií

**ABSTRACT**

This master's thesis deals with the manufacturing of a hunting crossbow prototype. The first part summarizes the history of crossbows, their historical development and usage. The following chapter contains theoretical knowledge about the technological methods that are used in the production. This is followed by a designing of the prototype, creating a technological process and final production. Final part of this thesis evaluates individual parts of the production and the final prototype.

**Key words**

hunting crossbow, history of crossbows, crossbow design, machining technology, CAD/CAM technology

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VENTRUBA, Petr. Výroba prototypu lovecké kuše [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132619>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jaromír Dvořák.

### **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Výroba prototypu lovecké kuše** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

21.05.2021

Datum

Bc. Petr Ventruba

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto paní Ing. Petře Sliwkové Ph.D., panu prof. Ing. Miroslavu Píškovi CSc. a panu Ing. Jaromíru Dvořákovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování této diplomové práce.

Dále také panu Jiřímu Čechovi za pomoc při výrobě ve školní dílně a také slečně Barboře Dvořákové za podporu při studiu.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ .....	5
OBSAH.....	6
ÚVOD .....	8
1. ZAŘAZENÍ LOVECKÉ KUŠE Z TECHNICKO-HISTORICKÉHO POHLEDU .....	9
1.1. Historie.....	9
1.2. Vývoj konstrukce .....	12
1.2.1. Lučiště.....	12
1.2.2. Spouštěcí mechanismus .....	12
1.2.3. Napínací mechanismus .....	13
1.2.4. Střelivo.....	16
1.3. Právní legislativa v České republice .....	18
1.4. Pravidla bezpečného používání a manipulace s kuší .....	19
2. TEORETICKÝ ROZBOR POUŽITÝCH TECHNOLOGICKÝCH METOD .....	20
2.1. Prototypování .....	20
2.2. Obrábění.....	20
2.2.1. Technologie frézování .....	21
2.2.2. Technologie soustružení .....	22
2.2.3. Technologie broušení.....	23
3. NÁVRH KONSTRUKCE PROTOTYPU.....	24
3.1. Rozdělení kuší dle způsobu použití.....	24
3.2. Rozdělení kuší dle konstrukce .....	25
3.3. Popis konstrukce jednotlivých částí kuše.....	26
3.3.1. Lučiště.....	26
3.3.2. Tělo .....	27
3.3.3. Tětiva a lanový systém .....	29
3.3.4. Kladkový systém.....	31
3.3.5. Spouštěcí mechanismus .....	32
3.3.6. Pojistný mechanismus.....	33
3.3.7. Napínací systém.....	34
3.3.8. Střelivo.....	35
3.4. Příklady loveckých kuší .....	39
3.5. Vlastní návrh konstrukce.....	41

3.5.1.	Návrh tvaru kladek a tvorba 3D modelu.....	43
3.5.2.	Návrh tvaru spouštěcího a pojistného mechanismu a tvorba 3D modelu.....	46
3.5.3.	Volba materiálů.....	48
4.	STANOVENÍ DAT PRO TECHNOLOGICKÝ PROCES .....	51
4.1.	Posouzení vyrobitelnosti z technologického hlediska.....	51
4.2.	Volba polotovarů.....	52
4.3.	Volba strojů.....	54
4.4.	Volba nástrojů .....	55
4.5.	Tvorba CNC programů .....	56
5.	VÝROBA PROTOTYPU .....	62
5.1.	Lučiště .....	62
5.2.	Tělo .....	63
5.3.	Kladkový systém.....	64
5.4.	Spouštěcí a pojistný mechanismus.....	67
5.5.	Výroba tětiny, lanového systému a finální kompletace prototypu.....	70
6.	POSOUZENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	72
6.1.	Zhodnocení funkčnosti vyrobeného prototypu .....	72
6.2.	Zhodnocení vlastní konstrukce jednotlivých částí .....	74
6.3.	Zhodnocení jednotlivých etap výroby.....	75
6.4.	Zhodnocení použitých strojů a nástrojů .....	75
	ZÁVĚR .....	76
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	77
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	83
	SEZNAM PŘÍLOH.....	84



## ÚVOD

Lov doprovází člověka téměř od počátku jeho vývoje. Před více než miliony let tehdejší předchůdce člověka využívá primitivní kamenné nástroje k lovu, jakožto k velmi podstatné činnosti sloužící k obstarání potravy a zajištění jeho přežití. S postupným vývojem člověka se vyvíjel způsob lovu i zbraní, které k lovu používal. Jednoduché chladné zbraně byly nahrazeny střelnými. První střelnou zbraní byl prak. Avšak podstatnějším vynálezem v oblasti obstarávání potravy a samotného přežití bylo objevení luku a šípu. [1]

Postupem času se tehdejší člověk naučil pěstovat plodiny a osvojil si schopnost domestikace zvířat. Lov změnil svůj charakter, již nešlo jen o primární zdroj potravy, ale byl také provozován za účelem ochrany zemědělských plodin a pasteveckých zvířat. [2]

Další významný pokrok ve vývoji lovu nastal v 16. století. Roku 1573 Český sněm vydává usnesení, ve kterém se objevují první zmínky o ochraně zvířat a je tak vytvořen základ budoucí myslivosti. V tehdejších dobách bylo výhradní právo lovu zcela v rukou panovníků a šlechty. Lov byl jejich zábavou, kratochvílí a společenskou činností. V těchto dobách se začínaly budovat myslivecké stavby, například obory a bažantnice. [2, 3]

V 17. a 18. století se utváří myslivecká morálka a vyvíjí se myslivecké povolání. V 19. a 20. století se z pouhého lovu stává odborná činnost zaměřená především na chov zvěře, zvýšení kvality jejího života a na celkovou péči o ni. Při vykonávání myslivosti by mělo jít přednostně o uplatnění chovatelských zásad, ochrany zvěře a o ušlechtilém provozování lovu s potlačením lovecké vášně, aby nedocházelo k pouhému lovu pro zábavu a potěšení. [3, 4]

Po tisíciletí byl k loveckým účelům používán luk. Zdokonalením luku byla kuše, která se stala velmi podstatnou zbraní v historii lidstva, především ve středověku, kde byla oblíbenou střelnou zbraní tehdejších armád. Od 13. století se kuše začala používat i při lovu. I přes to, že byla kuše postupně nahrazena dokonalejšími palnými zbraněmi a v dnešní době je lov mechanickými zbraněmi na území České republiky zakázán, stále patří kuše spolu s lukem ke tradičním loveckým zbraním (obr. 1.) [4]

Z důvodů zachování mysliveckých tradic bude tato diplomová práce věnována kuši. V úvodu práce bude shrnuta historie spolu s postupným vývojem kuší. Následně bude přiblížen návrh konstrukce s popisem jednotlivých částí a v závěru práce bude realizována samotná výroba prototypu lovecké kuše.



*Obr. 1.: Lovecké zbraně.*

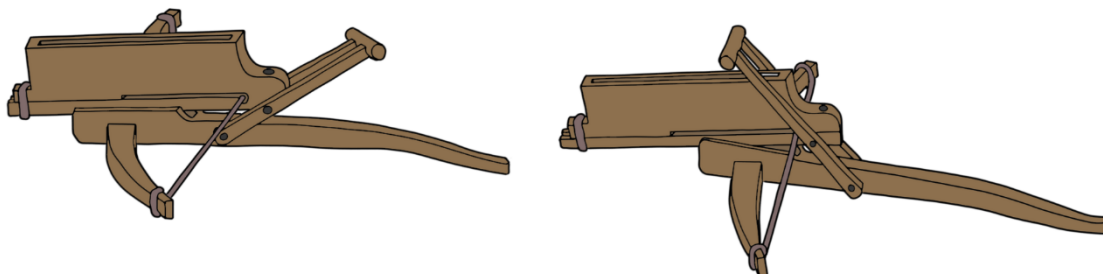
## 1. ZAŘAZENÍ LOVECKÉ KUŠE Z TECHNICKO-HISTORICKÉHO POHLEDU

Kuše neboli samostřily, jsou mechanické střelné zbraně, které jsou používány již po staletí, a které si prošly dlouhým a složitým vývojem. V této kapitole diplomové práce bude detailně popsána historie kuší, jejich vývoj a využití od počátku až do dnešních dnů.

### 1.1. Historie

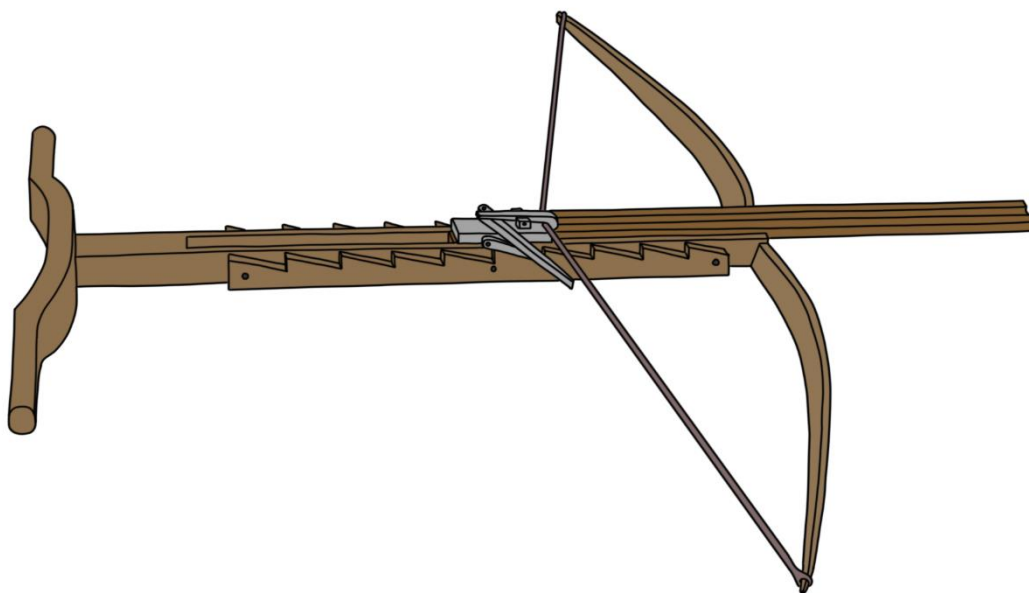
Dávným předchůdcem kuše je luk. Stáří luku není přesně známo, ale datuje se až do období doby kamenné. O stáří luku svědčí archeologické nálezy hrotů šípů, ale i početné jeskynní malby a kresby, vyobrazující tehdejšího člověka využívající luk pro účely lovu a ochrany. Vynález luku a šípu se řadí k velmi významným vynálezům člověka. [5]

Postupným vývojem člověka se vyvíjel i luk, v období starověku to byl velmi významný nástroj ve válečných konfliktech. Právě do tohoto období spadá i počátek vývoje kuší. První zmínky o kuších pocházejí ze starověké Číny, přibližně z 5. století př. n. l. Následně jsou kuše používány v tehdejší čínské armádě. Specifickým typem kuše pro čínské armády byly opakovací kuše zvané „*chukonu*“ (obr. 2.). První zmínky o opakovacích kuších pochází z počátku našeho letopočtu. Jednalo se o kuši osazenou zásobníkem umístěným v horní části kuše. Tento zásobník byl přichycen k páce, jež byla na jednom konci připevněna k tělu kuše a druhým koncem střelec prováděl nabíjení a střelbu. Zásobník byl pohyblivý a byl v něm vybroušen zářez, při pohybu pákou do přední polohy se tětíva zachytila o tento zářez a při zpětném pohybu se kuše nabila a v konečné fázi pohybu i vystřelila. Po výstřelu vylétající šipka uvolnila místo další, která zapadla na její pozici a střelba se mohla opakovat. Tyto opakovací kuše byly schopny vystřelit značné množství šipek během relativně krátké doby. Jejich dostřel a přesnost nebyla jejich největší předností. Aby byly i lehčí zásahy smrtelné byly šipky používané pro střelbu často potírány jedem. V Číně byly kuše používány až do 19. století. [6, 7, 8]



Obr. 2.: Čínská opakovací kuše, inspirováno z [9].

Nezávisle na Číně se kuše objevovaly i ve starověkém Řecku a později i ve starověkém Římě. Jednou z prvních variant byla kuše nazývaná „*gastrophetes*“ (obr. 3.), její počátek se datuje zhruba okolo 4. století př. n. l. Jednalo se o ruční samostříl se složeným dřevěným lučištěm, které se nenatahovalo zatažením tětiny, nýbrž vlastní vahou a za pomoci mechanismu pohyblivé lišty a zámku. Tětiva byla zachycena v zámku, jenž byl pevně přichycen na pohyblivé liště. Tato lišta se volně pohybovala v drážce, která byla vytvořena v podélném směru v těle kuše. Při natahování střelec opřel lištu o zem a břichem zatlačil do zadní části kuše, tím došlo k pohybu lišty a natažení tětivy. Zámek byl vybaven západkami, které v průběhu napínání zapadávaly do pilového profilu na těle a zajišťovaly tak tětivu v natažené poloze. Další variantou byly velké válečné stroje tzv. balisty, využívané při obraně a obléhání. Byly složeny z několikametrového lučiště, střílející dlouhé šípy. Lučiště se natahovalo za pomoci množství lan a obrovského navijáku umístěném v zadní části stroje. Po skončení dob starověkého Říma používání kuší na území Evropy téměř vymizelo. [10, 11, 12, 13]



Obr. 3.: *Gastrophetes*, inspirováno z [14].

V období středověku, především v období křižáckých výprav, 11. století, se popularita kuší navrací a začíná jejich největší éra. Anna Komnena, dcera byzantského císaře Alexea I. Komnena, popisuje ve svých spisech kuši jako údajnou novou zbraň a popisuje její konstrukci. To naznačuje, že kuše nebyla po staletí využívána a byla zapomenuta. Za těchto časů nastal největší rozmach a vývoj kuší, které měly už přibližně stejnou podobu, kterou známe dnes u klasických kuší. V těchto dobách byla hlavní složkou tehdejších armád těžká jízda, oděná v těžkých kroužkových a plátěných zbrojích, a právě kuše byla jako jedna z mála střelných zbraní schopna prostřelit tuto zbroj a ohrozit tak jejího nositele. Z těchto důvodů byla dle rytířů a církve zbraní nečestnou, a proto byla snaha ji zakázat v boji proti křesťanům. To se událo na druhém lateránském koncilu konaném v Římě roku 1139, například spolu s tzv. řeckým ohněm. Tento zákaz, avšak neměl dlouhého trvání, a kuše se koncem 12. století stala běžnou součástí výzbroje střeleckých oddílů armád. [10, 13, 15, 16]

Stejně jako kuše se postupem času vyvíjela a zdokonalovala, tak se vyvíjel i luk a byl největším konkurentem kuší mezi ručními střelnými zbraněmi. Největší výhodou luku oproti

kuši byla rychlost jeho střelby. Kvůli zdlouhavému procesu nabíjení zručný střelec z kuše byl schopný vypálit dvě až tři rány za minutu, přičemž obdobně schopný lučištník byl schopen vystřelit během stejného času až desetkrát. Kuše ale překonávala luk v jiných směrech, disponovala v porovnání s lukem větší kinetickou energií střely a tím pádem větší průrazností a dostřelem. Kuše byly opatřeny zámkem, který umožňoval držet kuši napnutou po delší dobu, oproti luku, kde oddalování vystřelení šípu s nataženou třetivou je značně namáhavé. Kuše taktéž vyžadovala menší schopnosti a dovednosti potřebné ke střelbě, na rozdíl od luku, kde pro účinnou střelbu z něj bylo zapotřebí značného umu a velké síly. Výcvik střelců z kuše byl oproti výcviku lučištníků levný, rychlý a jednoduchý. Dochované středověké spisy udávají, že výcvik střelců z kuše trval přibližně dva měsíce, přičemž výcvik střelců z luku asi dva roky. Další výhodou kuše byla její kompaktnost a s tím spojená možnost střelby vleže, nebo ve stísněných prostorách při obraně hradů a pevností. Díky menším rozměrům se také stala oblíbenou zbraní na palubách válečných lodí. Kvůli těmto výhodám kuše téměř vytlačuje klasický typ luku z výstroje tehdejších armád. Například v období husitské revoluce na našem území v 15. století kuše byla hlavní střelnou zbraní kališnických i katolických vojsk, především hojně využívána při obraně tzv. vozových hradeb. Výjimkou zůstává anglický dlouhý luk, jedná se o luk dosahující délky až dvou metrů, původně pocházející z Walesu. Díky svým vlastnostem se rozšířil jako hlavní střelná zbraň v anglických armádách. Angličtí lukostřelci byli díky dlouhému luku velmi podstatnou a obávanou složkou tamních armád. [17, 18, 19]

V 15. a 16. století se v Evropě rozšiřují první ruční palné zbraně. Palné zbraně využívající energie ze zažehnutí střelného prachu byly známy již dříve, šlo především o málo pohyblivé nebo zcela stacionární děla. I přesto, že tehdejší kuše ručním palným zbraním byly schopny konkurovat v přesnosti i účinku po dlouhou dobu, z výzbroje armád postupně mizí a jsou používány pouze k účelům lovu, myslivosti, sportovní a terčové střelbě. Tehdejší lovecké kuše byly oproti kuším používaným ve válečných konfliktech mnohem lehčí, zdobenější a vytvořené s větší dovedností a pečlivostí. Lov byl doménou bohatšího obyvatelstva, především panovníků a šlechty, ti si mohli dovolit propracovanější kuše s honosnou výzdobou. Lovecké kuše se stávaly uměleckými díly, na kterých se podíleli mistři z oboru mechaniky, řezbářství, kovorytectví atd. Dochované exempláře loveckých kuší z této doby jsou často vykládané slonovinou, perletí, stříbrem, zdobené řezbami a rytinami s motivy zvířete, ptactva nebo lovecké scény. Při lovu se palné zbraně používaly také, ale ne v takové míře jako kuše. Kuše byla součástí tradice, byla tichá a nevytvářela záblesk, který vzniká u palných zbraní z důvodů zažehnutí střelného prachu. Oproti lovu s dlouhým lukem, mohl lovec využívající loveckou kuši střílet z jakékoliv pozice, například vleže, přičemž lovec s dlouhým lukem musel stát a mít okolo sebe dostatečný prostor. Avšak obrovský pokrok ve vývoji palných zbraní postupně vytlačoval kuše i z oblasti lovu a myslivosti. V 18. století bylo používání loveckých kuší téměř zapomenuto. [16, 20, 21, 22]

Opětovné znovuvzkříšení kuší nastává až ve 20. století v období během 2. světové války. Ve snaze vyvinout tichou, záblesk nevytvářející zbraň, jenž by byla vhodná pro různé sabotáže a partizánský způsob vedení boje. Velký návrat kuší přišel až při vyvinutí nových materiálů, které byly využívány i pro konstrukci moderních kuší, například velmi pružné lučiště vyrobené z kompozitních materiálů zvyšující její účinnost a snižující hmotnost. Dalším historickým krokem bylo v 60. letech 20. století vyvinutí kladkového luku, využívající kladky ke zlepšení střeleckých vlastností. Tento princip se uplatnil i ve vývoji kladkových kuší. [22, 23]

V dnešních dobách jsou kuše opět zařazovány do vybavení vojenských i policejních složek. Jsou hojně používány tam, kde by střelba palnými zbraněmi mohla napáchat více škody než užítu, jako například v prostředí, kde se vyskytují hořlavé látky. Mimo jiné jsou využívány pro sportovní a rekreační účely. V mnoha zemích se kuše používají pro účely lovu. [23]

## 1.2. Vývoj konstrukce

První kuše byly zřejmě zdokonalením luku, který byl připevněn na kolmou pažbu neboli tělo kuše, také zvané jako socha kuše. Luk tvořil významnou část kuše, nazývanou lučiště. Tětiva, spletená z velkého množství konopných a lněných vláken mazaných včelím voskem, nebo spletených zvířecích střívek, urychlovala projektil ve formě šipky nebo kuličky pomocí energie vyvolané pružnou deformací lučiště, jež napínala. Spouštěcí mechanismus následně dodával kontrolu nad výstřelem. [19]

### 1.2.1. Lučiště

Z prvopočátku byla lučiště celodřevěná, vyrobená z pružných dřevin stejně jako luky, například z tisu, jasanu nebo ořechu, a byla připevněna k soše za pomoci konopných lan nebo zvířecích šlach. Celodřevěné lučiště, používané do 12. století, nedosahovalo takových kvalit a časem praskalo. [16]

Pozdější a dokonalejší lučiště bylo kompozitní, objevující se ve 13. a 14. století. Na území Evropy se nejspíše dostalo, během křížových výprav, z východu Saracény. Bylo tvořeno ze dřeva, šlach a rohoviny, popřípadě velrybí kosti. Obdobně jako lučiště celodřevěné bylo k tělu kuše přivázáno pomocí lana. Zvířecí šlachy, které dobře odolávají tahovému namáhání, byly lepeny na vnější stranu dřevěného jádra, vyráběného z pružných dřevin. Z druhé vnitřní strany byly na jádro lepeny proužky rohoviny, které dobře snášejí tlakové napětí. Vše bylo v celek slepeno kostním kličem a zabaleno do tenké kůže, plátna nebo tenké kůry, kvůli lepší odolnosti proti vlhkosti, která byla i přes úpravy velkou slabinou kompozitních lučišť. Tento typ lučiště byl oproti celodřevěnému výrazně lehčí, pružnější a dokázal předat více energie projektilu, který byl daleko přesnější a průbojnější. Největší nevýhodou tohoto skládaného lučiště byla náročná a zdlouhavá výroba a také již zmíněná špatná odolnost proti vlhkosti a dešti, proto se využívaly různé vaky a obaly pro přepravu, aby se kličem lepené lučiště při kontaktu s vodou nerozlepovalo. [16, 18]

V 15. století nastal další vývojový pokrok, a složené lučiště bylo nahrazeno lučištěm ocelovým. Kuš osazená ocelovým lučištěm měla podstatně větší palebnou sílu a byla velmi odolná proti vodě a vlhkosti. Dostřel spolu s přesností a průrazností byl nesrovnatelný s jejími předchůdci. Vzhledem k síle tahu, jenž ocelové lučiště disponovalo, bylo velmi obtížné takovou kuši vůbec natáhnout. Ocelové lučiště bylo k tělu kuše připevněno s využitím ocelových třmenů a klínů, které zajišťovaly dostatečné uchycení i při velkých rázech. [10, 24]

### 1.2.2. Spouštěcí mechanismus

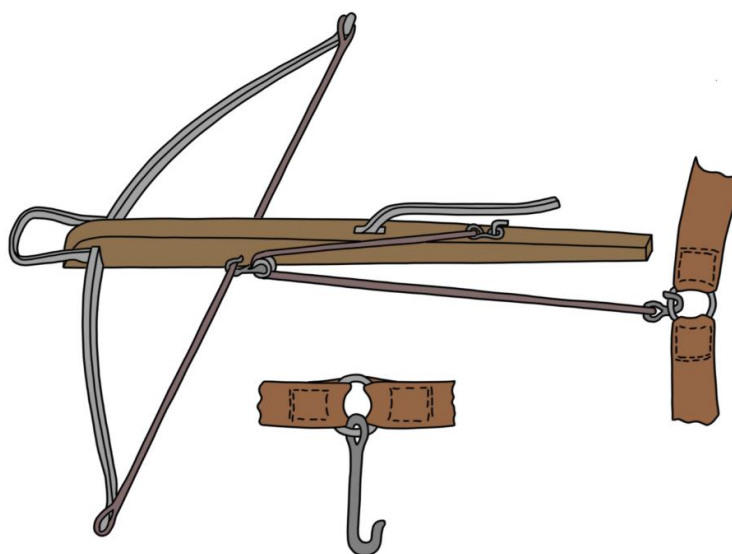
U raně středověké kuše byl spouštěcí mechanismus tvořen zářezem na soše, do kterého se natáhla tětiva. Při výstřelu byla následně tětiva vytlačena z drážky za pomoci kolíku spojeného s dlouhou spouští. Dalším vývojovým krokem byl tzv. ořech, tvořený z kostěného válce otáčející se podél své osy okolo čepu. Na ořechu byly vybroušené dva zářezy, jeden

sloužil pro zachycení tětiny a druhý pro zaražení ořechu o kovovou spouštěcí páku umístěnou ve spodní části sochy. V pozdějších dobách u luxusních loveckých kuší se začínají používat různé komplikovanější mechanismy ulehčující střelbu a zvyšující její přesnost. Tyto zdokonalené spouštěcí mechanismy byly často vybaveny pojistkou proti samovolnému nebo nechtěnému výstřelu. [15]

### 1.2.3. Napínací mechanismus

Kuše byly nejdříve napínány pouhým přislápnutím lučiště k zemi a zatažením tětiny do spouštěcího mechanismu. Později byl k přední části sochy kuše připevněn třmen, podobný třmenu na koňském sedle, pomocí kterého střelec napínající tětinu přislápl kuši k zemi. Tětiny byly napínány ručně, proto střelci používali k ochraně dlaní kožené chrániče. V této době mohla být kuše osazena lučištěm jen tak silným, jak byl schopen střelec natáhnout. [17]

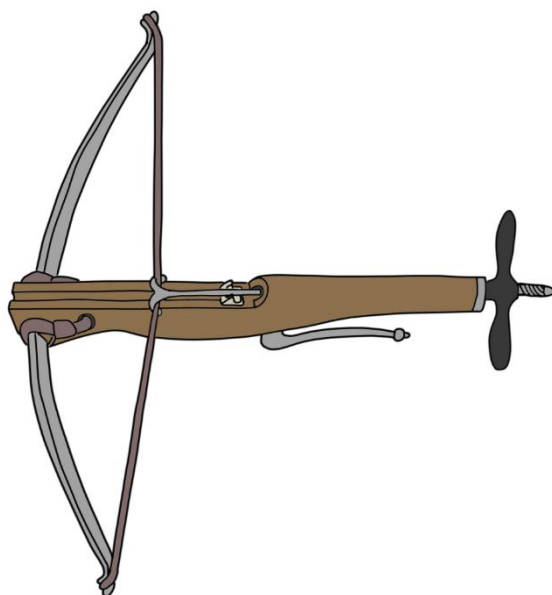
S postupně zvětšující se silou nátahu kuší se začínají objevovat různé háky, ať už jednoduché nebo dvojité, (obr. 4.). Tyto háky měli střelci upevněny okolo pasu a při natahování kuše, přislápli kuši třmenem k zemi, a za pomoci háku a síly celého těla napínali tětinu. Další variantou bylo využití háku s kladkou. Jeden konec lana měl střelec připevněn okolo pasu. Na laně byla navlečena kladka s hákem, který byl zachycen o tětinu, a druhý konec lana byl zaháknut o sochu kuše. Při natahování bylo využito síly celého těla a bylo možno natáhnout kuše s větší napínací silou. [10]



Obr. 4.: Napínací háky, inspirováno z [10].

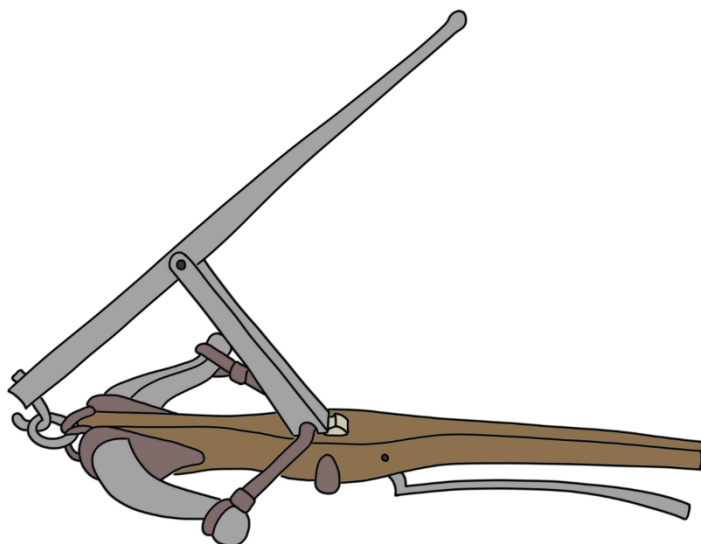
S dalšími narůstajícími nároky na sílu nátahu, především s nástupem ocelových lučišť, se začaly vyskytovat různé páky a mechanismy ulehčující napínání tětiny. Jedním z nich byl důmyslně vytvořený mechanismus složený ze šroubu umístěném v podélném směru uvnitř samotného těla kuše (obr. 5.), který na jednom konci byl opatřen hákem a na druhém maticí s pákami. Při natahování se tětina zachytila pomocí háku, a otáčivým pohybem matice s pákami se šroub pohyboval od lučiště a napínal jej. V okamžiku, kdy tětina překonala spouštěcí mechanismus, byl šroub povolen a hák otočen, aby nepřekážel tětině při střelbě. Tento mechanismus natahování kuše byl velmi složitý na výrobu a samotné napínání bylo zdlouhavé. [13]





Obr. 5.: Kuše s napínacím šroubem, inspirováno z [25].

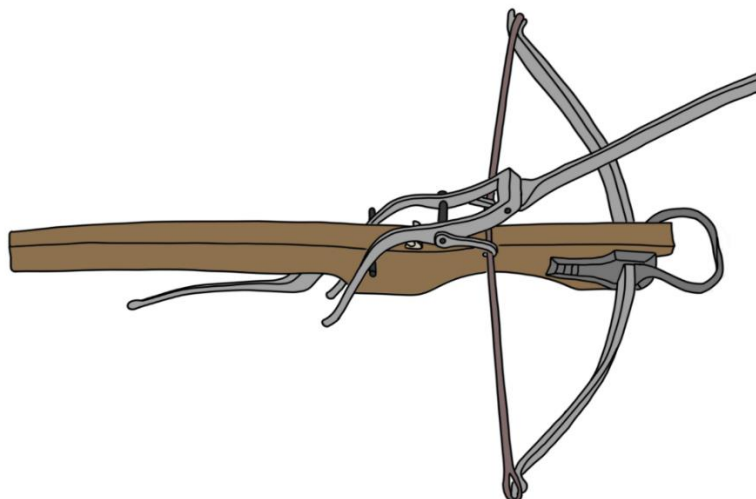
Dalším způsobem, který byl na rozdíl oproti předchozímu mechanismu jednoduchý a levný byla páka, nazývaná kozí noha, kterou tato páka kvůli svému tvaru připomínala. Vyskytovaly se dvě varianty napínacích pák. První z nich (obr. 6.), využívající tlaku, byla zachycena do oka, které bylo připevněno v přední části těla kuše. Uprostřed této páky bylo na čepu připevněné rameno, jenž mělo na svém konci drážku pro tětivu. Při zaháknutí páky do oka, zachycení tětivy do drážky na rameni a vyvinutí síly na konci páky směrem ke střelci došlo k napnutí tětivy. [25]



Obr. 6.: Napínací páka využívající tlaku, inspirováno z [25].

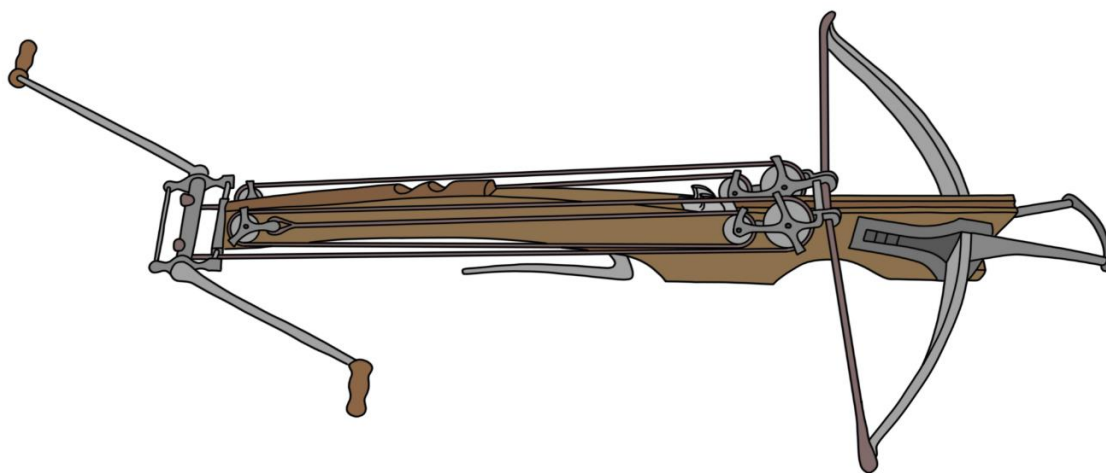
Druhá varianta využívala tahovou sílu (obr. 7.). Páka obsahovala dvojité hák, který zachytil tětivu kuše a byl umístěn na čepu uprostřed páky. První konce páky byl zapřen o kolík, umístěný v zadní části těla kuše. Druhý konec držel střelec, který vyvíjel sílu směrem k sobě, tím došlo k natažení tětivy až po spouštěcí mechanismus, kde se tětiva

zajistila. Páky, používané k natažení kuše, se začaly objevovat od poloviny 14. století. Jednalo se o rychlou a snadnou variantu napnutí kuše. Páky nebyly drahé ani náročné na výrobu, byly lehké a skladné. Oproti ostatním metodám umožňovaly natažení kuše za jízdy v koňském sedle. [25]



*Obr. 7.: Napínací páka využívající tahu, inspirováno z [10].*

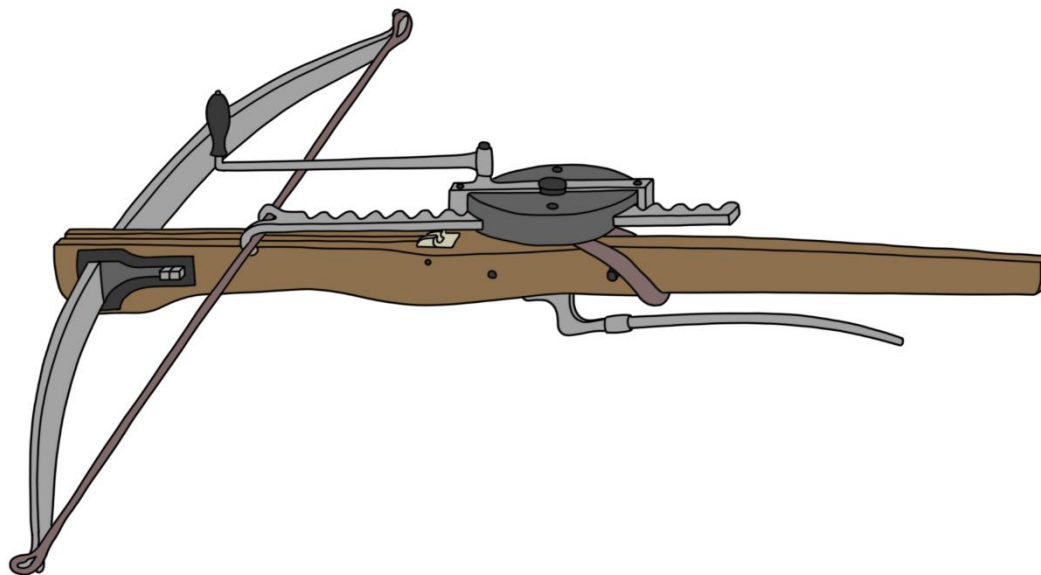
Ocelové lučiště, využívané od 15. století k armádním účelům, bylo velmi obtížné na natažení a nebylo téměř reálné jej natáhnout vlastní silou. Proto spolu s počátkem ocelových lučišť se začínají vyskytovat i nové napínací mechanismy, se kterými bylo natahování časově náročnější, avšak kuši mohl natáhnout takřka kdokoli. Jedním z nich je ruční naviják, tzv. rumpál. Jedná se o hřídel s klikou, které jsou umístěny v zadní části těla kuše. Na hřídeli je přichyceno lano, na jehož druhém konci je dvojitý hák. Tento hák se zachytí o tětivu a otáčivým pohybem kliky se lano navíjí na hřídel a natahuje tětivu. Při zachycení tětivy o spouštěcí mechanismus se naviják uvolní a kuše je připravena ke střelbě. Tento způsob byl postupem času zdokonalen a rozšířen o řadu kladek, pevných i pohyblivých, snižující sílu potřebnou k napnutí a nazýval se anglický hever (obr. 8.). Oba tyto způsoby byly odnímatelné, avšak časově náročné a samotné napínání trvalo velmi dlouho. [19]



*Obr. 8.: Anglický hever, inspirováno z [10].*



Hevery a navijáky, využívající lana, byly velmi poruchové a často se stávalo, že se lana zamotala a kuši nešlo natáhnout. Tento problém vyřešil až mechanismus nazývaný německý hever (obr. 9.). Jednalo se o ozubený hřeben s hákem na konci, ozubené soukolí a kliku. Při natahování se hák ozubeného hřebene zachytil o tětivu, otáčivým pohybem kliky docházelo k pohybu ozubeného soukolí a pohybující se ozubený hřeben napínal tětivu. Celý tento mechanismus byl odnímatelný a byl připevněn k tělu kuše za pomoci lana. Tento způsob byl spolehlivější než předchozí, avšak podstatně dražší a náročnější na výrobu. [17]



*Obr. 9.: Německý hever, inspirováno z [10].*

Napínání kuší s využitím těchto složitých mechanismů bylo zdlouhavé, proto střelci v některých případech nosili s sebou velký štít, za kterým se při natahování kryli. Mnohdy bylo více střelců, jenž se kryli za jedním, co držel před sebou velký štít a kryl ostatní. V jiných případech byl jeden střelec, který střílel z kuše, zatímco druhý mu natahoval jinou. [26]

#### **1.2.4. Střelivo**

Jako střelivo do středověké kuše se používaly především šípky, staročesky také zvané jako plitky. V porovnání se šípem do luku byla šipka mnohem kratší, ale o to širší a těžší. Dosahovala délky okolo 300 milimetrů a v průměru přibližně 20 milimetrů. Vkládaly se do drážky, která byla vytvořena přímo na vrchní části dřevěné sochy, nebo v soše byla nasunuta vložka z rohoviny, popřípadě u luxusnějších loveckých kuší ze slonoviny, ve které byla vytvořena obdobná drážka pro šipku. Tato rohovinová vložka snižovala tření šipky po povrchu a zvyšovala dostřel kuše. Samotná šipka byla složena z masivního dřevěného dříku, stabilizačních křidélek a kovaného hrotu.

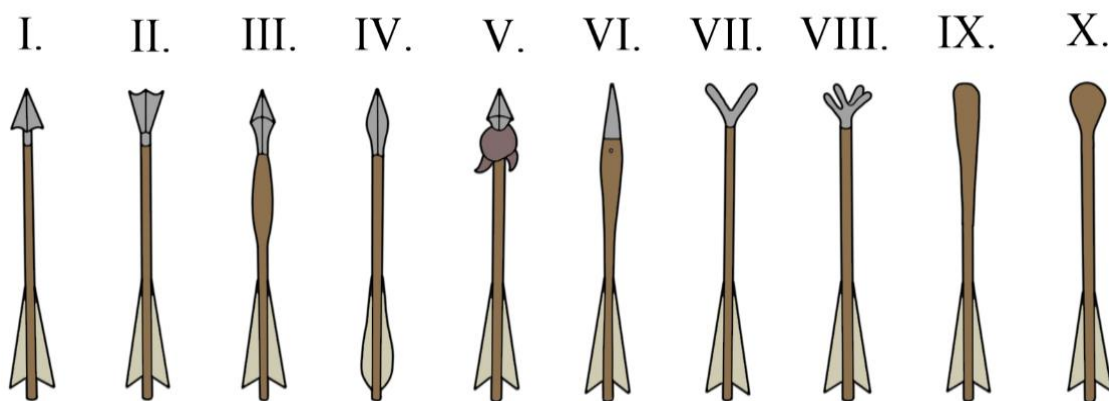
Kovaný hrot měl řadu podob, nejčastěji byl čtvercového nebo kosočtvercového průřezu. Tento tvar byl hojně využíván u armádních střelců a byl vhodný k prorážení těžké zbroje a jednoduchý na výrobu. Hrot se na dřík připevňoval za pomoci trnu nebo objímky, nazývané tulejka. Délka hrotů byla okolo 75 milimetrů. V ojedinělých případech se u armádních střelců vyskytovaly i jiné druhy hrotů, například s dlouhými řeznými hranami, které byly využívány proti lehké pěchotě a koním, a měl velmi ranivé účinky. [10]

Stabilizační křídélka dodávající šípce přesnost, byla umístěna v zadní části dříku. Obvykle byla dvě nebo tři, která byla připevněna rovnoměrně na dříku. Nejčastěji byla vyráběna z peří, tenké kůže, dřeva nebo papíru.

Zakončení šipek bylo rovné, žlábek pro tětivu, jak je znám u šípů do luku, zde nebyl. Šipka byla uložena v drážce na soše, která ji ustavovala do přesné polohy, tětiva vždy tlačila do středu konce a nebylo nutné šipku více středit žlábkem.

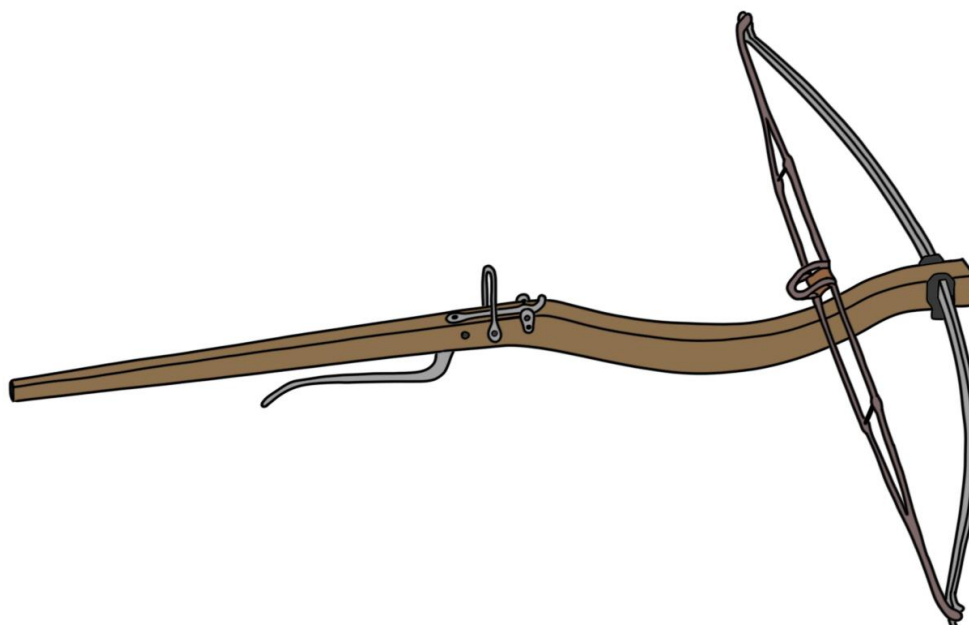
Oproti šipkám používaných k vojenským účelům byly šipky používané pro lov a terčovou střelbu o něco lehčí, což zvyšovalo jejich dostřel, přesnost na delší vzdálenosti, a také byly vyrobeny s větším umem a pečlivostí. U armádního střeliva šlo především o kvantitu, bylo zapotřebí vyrábět velké množství šipek, proto musely být co nejjednodušší na výrobu. Zatímco lovci střílející z kuše, potřebovali méně šipek, které bylo možné mnohdy použít opakovaně, byly tyto šipky kvalitněji vyrobené.

Na obrázku (obr. 10.) jsou znázorněny některé typy středověkých šipek do kuší. V prvních pěti variantách se jedná o armádní šipky, zbylé ostatní jsou šipky lovecké. Varianty I. a II. jsou šipky s velkými řeznými hranami, používané do měkkých cílů. Varianty III. a IV. jsou šipky čtvercového průřezu dosahující vysoké průraznosti. Šipka číslo V. je zápalná, v její přední části je namotána koudel namočená v oleji, tyto šipky se používaly k zapálení cílů. Varianta VI. je šipkou loveckou, která se používala zejména na vysokou zvěř. Ostatní typy byly používány na malou nebo pernatou zvěř. Účinek byl spíše drtivý než průrazný. [16]



*Obr. 10.: Střelivo středověkých kuší, inspirováno z [16].*

Počátkem 16. století se začínají používat kuše, které umožňují střílet malé oblázky nebo kovové kuličky (obr. 11.). Dvojitá tětiva napnutá v ocelovém lučišti byla uprostřed spletená, kde tvořila kapsu, tzv. kolébku. Tato kapsa právě umožňovala vystřelit malé kuličky nebo kamínky. Kuše vystřelující takovéto projektily byly využívány zejména k lovu, především pro lov pnaté a drobné zvěře, jako jsou bažanti, králíci atd. [10]



Obr. 11.: Kuše pro střelbu oblázků, inspirováno z [10].

### 1.3. Právní legislativa v České republice

Kuše, stejně tak jako luky, spadají do kategorie „mechanická zbraň – střelná zbraň, u které je funkce odvozena od okamžitého uvolnění nahromaděné mechanické energie“, jak je definováno v první části, druhy zbraní, v příloze číslo 1, vymezení zbraní a střeliva, dle zákona číslo 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu, a dále jsou řazeny do §7, zbraně kategorie D, konkrétně písmene i), ve kterém se nachází „zbraně neuvedené v kategoriích A, A-I, B, C a C-I“. Po uvedení v platnost novely tohoto zákona, která je účinná od 30. 1. 2021, konkrétně neuvádí tento typ zbraní. V předchozím znění tohoto zákona spadaly luky a kuše do kategorie mechanických zbraní s napínací silou větší než 150 N. [27]

Zbraně ze skupiny D může vlastnit, držet a případně nosit plně svéprávná fyzická osoba, která dosáhla plnoletosti. K těmto úkonům není vyžadován zbrojní průkaz a tyto zbraně nepodléhají registraci. Při používání těchto zbraní vznikají určité povinnosti, které vyplývají z tohoto zákona, jakožto například, že střelba z těchto zbraní je zakázána na místě, kde by mohlo být ohroženo zdraví, život nebo majetek osob. Při střelbě musí být zajištěn bezpečný prostor, který musí být viditelně označen, jako místo, kde probíhá střelba. Při samotné střelbě musí být použity vhodné ochranné pomůcky a držitel těchto zbraní nesmí nosit tuto zbraň viditelně na místech veřejně přístupných. [28]

Využití mechanických zbraní, kuší a luků, k loveckým a mysliveckým účelům řeší zákon číslo 449/2001 Sb., o myslivosti. Kde v páté části a páté hlavě, o zakázaném způsobu lovu, v § 45, je řečeno že, „Lov zvěře smí být prováděn jen způsobem odpovídajícím zásadám mysliveckým, zásadám ochrany přírody a zásadám ochrany zvířat proti týrání. Zakazuje se následující“ uvedeno u písmene i) „střílet zvěř jinou zbraní než loveckou (dlouhou palnou zbraní, brokovou nebo kombinovanou, určenou k loveckým účelům)“. Dále v této sbírce zákonů, v osmé části, která se zabývá přestupky, je v § 63, přestupky fyzických osob, uvedeno že, za porušení některého pravidla lovu podle § 45 lze uložit pokutu až do výše 30 000 Kč a zákazu činnosti do 2 let a odebrání loveckého lístku. [29]

Dle výše uvedeného je využití lovecké kuše k lovu a myslivosti na území České republiky zakázáno. Avšak se zde nachází určité organizace, jenž se snaží prosadit legalizaci lovu s mechanickými zbraněmi, jak je tomu v jiných státech Evropské unie i mimo ni. Státy, jež umožňují využívání loveckých mechanických zbraní jsou například, Rusko, Kanada, některé státy v USA, ale i Portugalsko, Švédsko, Slovensko a spoustu dalších. [30]

#### **1.4. Pravidla bezpečného používání a manipulace s kuší**

Při střelbě a manipulaci s kuší nesmí být opomenut fakt, že se jedná o nebezpečnou zbraň, která může ohrozit zdraví, popřípadě i život střelce, nebo osob v jeho okolí. Z tohoto důvodu je nutné při používání těchto mechanických zbraní dodržovat jistá bezpečnostní pravidla a nařízení. Nejen ta, jenž jsou daná zákonem o zbraních a střelivu, do kterých kuše, jakožto mechanické zbraně, spadají.

Před samotnou střelbou je nutné zkontrolovat technický stav kuše, především stav tětiny a její omotávky. S uvolněnou, rozpletenou, nebo jinak poškozenou tětinou není doporučeno střílet. Mohlo by dojít k jejímu přetržení a tím způsobit zranění střelce či poškození, nebo zničení kuše samotné. Dále je nutné zkontrolovat stav použitých šípových střel a také zdali nejsou některé šroubové spoje na kuši uvolněny.

Napínání tětiny kuše musí být prováděno obezřetně a rovnoměrně, aby nedocházelo k jejímu vyosení. Toto vyosení by mohlo mít za následek nežádoucí odchýlení směru letu vystřeleného šípu, nebo v některých případech i k jeho poškození.

Při zakládání šípové střely do kuše, musí být namířena směrem k zemi. Ruka držící a zakládající šíp nesmí příliš zasahovat do dráhy tětiny, při selhání spouštěcího mechanismu by mohlo dojít k jejímu zranění. U vybíjení kuše je nutné nejprve odebrat šípovou střelu, následně pevně přitáhnout tětinu a s pomocí jiné osoby uvolnit spouštěcí mechanismus. Střelba bez projektilu, tzv. na prázdno, se nedoporučuje. Mohlo by při ní dojít k poškození tětiny, popřípadě i jiné části kuše.

Před vystřelením je nutné zkontrolovat cílový prostor, zdali se v něm nenachází osoby, zvířata nebo majetek, jenž by mohli být zraněni či poškozeni. S nabitou kuší mířit pouze na cíle, které plánujeme zasáhnout. Střelba do vzduchu a míst se špatnou viditelností se nedoporučuje. Pokud je kuše vybavena pojistným mechanismem, je nutné ji nataženou zajistit do doby výstřelu. Při střelbě nesmí ruce nebo jiné předměty křížit dráhu tětiny, jedná se především o prsty podpírající ruky. Těsně po výstřelu je nutné držet kuši zamířenou, okamžitý pokles zbraně by mohl mít za následek změnu směru letu vystřeleného šípu.

## 2. TEORETICKÝ ROZBOR POUŽITÝCH TECHNOLOGICKÝCH METOD

V této části diplomové práce budou teoreticky rozebrány technologické metody, které byly použity při tvorbě prototypu lovecké kuše.

### 2.1. Prototypování

Prototypování neboli tvorba prototypů je v průmyslové praxi nepostradatelnou částí výroby. Spočívá ve tvorbě kontrolního výrobku neboli prototypu ještě před začátkem spuštění sériové výroby v požadovaném počtu kusů. Vyrobený prototyp, reprezentující finální produkt, nabývá různých významů a funkcí, mezi které například patří nalezení chyb v konstrukci, ověření funkčnosti, vyrobitelnosti, možnosti kompletace a vhodnosti součástí pro sériovou výrobu, dále také pro posouzení výrobku z estetického či ergonomického hlediska, a v neposlední řadě vyrobený prototyp slouží jako nástroj k marketingu. [31]

Existují dva základní způsoby výroby prototypů. První z nich, tradiční způsob, využívá konvenčních subtraktivních a aditivních metod. Jedná se o výrobu klasickým způsobem s využitím obráběcích, tvářecích nebo slévárenských technologií. Druhý způsob výroby, moderní neboli tzv. *Rapid Prototyping* (v překladu z angličtiny rychlá výroba prototypu), využívající aditivních metod k rychlé výrobě kontrolního výrobku. Tato výroba spočívá ve tvorbě 3D modelu navrženého dílu. Jeho zpracování speciálními softwary a následné výroby prototypu po jednotlivých vrstvách s využitím řady strojních zařízení pracujících na principu aditivní technologie a 3D tisku. [32]

Vzhledem ke komplexnímu charakteru navrhovaného prototypu a nutnosti ověření jeho funkce byl zvolen tradiční způsob výroby s využitím převážně obráběcích technologií.

### 2.2. Obrábění

Jednou z nejpodstatnějších výrobních metod ve strojírenství je právě obrábění. Žádané změně tvaru, rozměru a jakosti povrchové vrstvy je při obrábění docíleno oddělováním přebytečného materiálu z výchozího polotovaru. Při mechanickém obrábění dochází ke specifickému silovému působení břitu nástroje na obráběný materiál. Tím je způsobeno již zmíněné oddělování materiálu z polotovaru, který z rezného procesu odchází ve formě třísky. [33, 34]

Obrábění bylo známé již v době kamenné, kde tehdejší člověk využíval oddělování přebytečného materiálu z kamene za účelem tvorby prvních kamenných nástrojů. V pravěkých dobách bylo obrábění běžně používáno, jednalo se především o technologie broušení a vrtání, využívané pro tvorbu primitivních nástrojů a zbraní. První zmínky o strojním obrábění pochází ze starověkého Egypta, kde bylo využito jednoduchých strojů k dělení a úpravě kamene. S postupným vývojem člověka se vyvíjely i obráběcí metody a stroje využívané k obrábění. Zejména v období renesance, kde byly tehdejší obráběcí stroje využívány například k obrábění dřeva. [35, 36, 37, 38]

Podstatný vývojový milník obráběcích technologií nastal v dobách průmyslové revoluce. Zvyšující se požadavek na kvalitu a množství vyráběných strojních součástí, měl za následek prudký vývoj obráběcích strojů a rozvoj obráběcích technologií. Stroje poháněné lidskou, popřípadě zvířecí silou, byly nahrazeny stroji s parním a později i elektrickým

pohonem. Do tohoto období se datuje i značný rozvoj nástrojových materiálů, který umožňoval zefektivnění obráběcích procesů. [39, 40]

V 50. letech 20. století vznikaly první číslicově řízené stroje neboli NC stroje (z anglického *Numerical Control*). Jednalo se o důležitý pokrok v oblasti řízení obráběcích strojů. Doposud bylo možné komplikovanější tvary obrábět pouze s využitím různých šablon a přípravků. U tehdejších NC strojů byl jejich pohyb v jednotlivých osách zprostředkován jednoduchým řídicím systémem. Informace, podle kterých obráběcí stroj vykonával pohyb byly zaznamenány na nositelích informací, ze kterých byla tato data řídicím systémem snímána. Nositelé informací byli v prvopočátcích ve formě děrných štítků a pásek, a také ve formě magnetofonových pásek. S postupným vývojem výpočetní techniky byli nositelé informací nahrazeny a stroje byly vybaveny počítačem zajišťující jeho řízení. Tím vznikly první počítačem řízené obráběcí stroje, takzvané CNC stroje (z anglického *Computer Numerical Control*). CNC stroje se později staly nedílnou součástí strojírenské výroby, a přispěly tak ke zlepšení a zefektivnění obráběcích metod. [36, 41, 42, 43, 44, 45]

Technologie obrábění, ať už v podobě strojní či ruční, bude hlavní metodou při výrobě navrhovaného prototypu lovecké kuše. Bude se jednat především o technologie frézovací, soustružnické, brousidí ale taktéž i o ruční zámečnické metody.

### 2.2.1. Technologie frézování

V průmyslové výrobě moderních kuší bývá často využívána technologie frézování. Jedná se především o obrobení funkčních ploch různých mechanismů jejichž polotovary se vytváří technologiemi odlévání, pro výrobu forem, nebo pro obrábění součástí složitých tvarů.

Při výrobě navrhovaného prototypu lovecké kuše bude frézovací technologie využita především pro tvorbu tvarově složitých součástí, zejména kladek a spouštěcího mechanismu.

Podstata frézování spočívá v hlavním řezném pohybu, který je vykonáván řezným, zpravidla vícebřitým, frézovacím nástrojem a ve vedlejší posuvném pohybu, jenž koná pohyblivý pracovní stůl s pevně upnutým obrobkem. Řezný proces má přerušovaný charakter, v průběhu obrábění jednotlivé zuby frézovacího nástroje vnikají do obráběného materiálu a tím jej odebírají ve formě třísky. Tímto způsobem lze třískově obrábět rovinné nebo tvarově komplikované plochy, vnitřní nebo vnější. [46, 47]

Frézování je v porovnání například s technologií broušení či soustružení mladším způsobem obrábění, avšak ve strojírenském průmyslu je hojně využíván. Zkonstruování prvních frézovacích strojů se datuje do období začátku 18. století. Od této doby až do dnešních dnů si frézovací stroje spolu s nástroji prošly velkým vývojem. [39]

Pro frézování již zmíněných tvarově složitých součástí navrhovaného prototypu byl použit frézovací stroj s CNC řízením FV 25 CNC A, jenž je vybaven řídicím systémem od společnosti Heidenhain.

CNC frézovací stroj je ovládán řídicím systémem stroje. Vyžadované pohyby a úkony stroje jsou zaznamenány v souboru informací nazývaný NC program. Tento program obsahuje geometrické a technologické informace složené z jednotlivých řádků neboli bloků. Tyto bloky jsou po nahrání NC programu do CNC stroje řídicím systémem snímány a jejich informace o poloze a funkcích stroje jsou aplikovány přímo na stroji. Tvorba takového programu lze uskutečnit několika způsoby.

Jedním z nich je ruční programování v řídicím systému stroje, popřípadě na počítači nebo programovací stanici. Jedná se spíše o tvorbu programů pro výrobu méně komplikovaných součástí nebo tvorbu jednoduchých programů přímo na CNC stroji. Pohyb stroje v jednotlivých osách, nastavení otáček vřetene, spouštění procesních kapalin a mnoho dalších úkonů a funkcí je psáno postupně s využitím specifického kódu a řady vnitřních cyklů usnadňujících programování.

Dalším způsobem tvorby NC programu je využití CAD/CAM technologií. Jedná se o tvorbu programu na základě 3D modelu dané součásti, která má být obrobena. 3D model součásti je vytvořen v CAD softwaru neboli počítačem podporovaném konstruování (z anglického *Computer Aided Design*). Takto vytvořený model lze využít nejen ke tvorbě programu pro CNC obráběcí stroje, ale také pro řadu analýz a výpočtů. Samotná tvorba NC programu spočívá v přenesení vytvořeného 3D modelu do CAM softwaru neboli počítačem podporované výroby (z anglického *Computer Aided Manufacturing*). Pomocí vnitřních funkcí CAM softwaru jsou následně vygenerovány dráhy nástroje potřebné pro vytvoření požadovaných ploch 3D modelu součásti. Z takto vytvořených drah je posléze s využitím postprocesoru vytvořen finální NC program. Programování s využitím CAD/CAM technologií je v dnešní době často používanou metodou, jedná se o značné usnadnění práce a času při tvorbě NC programů tvarově složitých součástí. [48]

V případě výroby některých komplikovanějších součástí navrhovaného prototypu byly NC programy vytvořeny za pomoci CAD/CAM technologií. Zejména s využitím CAD softwaru od firmy Autodesk s názvem Inventor Professional 2021 a nástavby obsahující CAM funkce s názvem Inventor HSM.

### 2.2.2. Technologie soustružení

Při výrobě prototypu lovecké kuše byla také použita technologická metoda soustružení pro výrobu součástí rotačního charakteru.

Podstata soustružení spočívá v hlavním řezném pohybu, který je vykonáván rotací obrobku, a vedlejším posuvným pohybu, který koná jednobřitý nástroj neboli soustružnický nůž. Řezný proces je ve většině případů nepřerušovaný. Soustružením lze vyrábět především součásti rotačního charakteru a to válcového, kuželového nebo obecného tvaru. Na soustružnických strojích lze krom soustružení vykonávat i řada jiných technologických operací, například vrtání a řezání závitů. Moderní soustružnické stroje umožňují kombinaci soustružnických a frézovacích operací. [47]

Soustružení patří mezi nejstarší obráběcí metody a představuje z mnoha hledisek velmi jednoduchý způsob obrábění, jenž je ve strojírenském průmyslu často využíván. Většina strojů a zařízení obsahuje součásti rotačního charakteru, pro které je soustružení vhodnou výrobní metodou. [39]

Stejně jako u strojů frézovacích tak i soustružnické stroje jsou mnohdy vybaveny CNC řízením, umožňující výrobu součástí složitých tvarů. Avšak u součástí jednoduchých tvarů je z ekonomického hlediska výhodnější použití soustružnických strojů klasického typu. Z těchto důvodů byly vyráběné rotační součásti navrhovaného prototypu vyrobeny na klasickém univerzálním hrotovém soustruhu SN 32.

### 2.2.3. Technologie broušení

Jednou z důležitých obráběcích technologií použitých při výrobě navrhovaného prototypu lovecké kuše byla právě technologie broušení.

Broušení spočívá v úběru malého množství materiálu brousicím nástrojem, jehož povrch je tvořen velkým množstvím malých břitů s nedefinovatelnou geometrií, reprezentované brousicími zrny. Brousicí nástroj bývá složen z jednotlivých brousicích zrn a pojiva, tyto dvě složky určují výsledné vlastnosti nástroje a předurčují způsob jeho využití. Brousicí nástroje se používají například ve formě brousicích kotoučů, segmentů a kamenů, pásů a papírů, nebo brousicích a leštících past. [49]

Jedná se o nejstarší technologii třískového obrábění. Již v dobách pravěkých tehdejší člověk využíval technologii broušení k ostření zbraní a nástrojů. V dnešní době má technologie broušení ve strojírenské výrobě nezastupitelné místo. Jedná se především o dokončovací metodu obrábění, s jejím využitím lze dosáhnout vysoké kvality obrobené plochy spolu s vysokými geometrickými i rozměrovými přesnostmi. Díky charakteru metody v kombinaci s vlastnostmi brousicího nástroje tato technologie umožňuje obrobení i velmi tvrdých materiálů, které se ostatními obráběcími metodami zpracovávají hůře. [50]

Při výrobě navrženého prototypu bylo využito technologie broušení především k úpravě tvaru i povrchu ocelového lučiště, které po tepelném zpracování dosahuje vysokých hodnot tvrdosti. Dále kombinací strojního i ručního broušení byly vytvořeny ocelové komponenty spouštěcího a pojistného mechanismu, a taktéž z dřevěného polotovaru byl vybroušen výsledný tvar těla kuše.



### 3. NÁVRH KONSTRUKCE PROTOTYPU

V této kapitole diplomové práce bude naznačeno základní dělení moderních kuší. Dále zde budou představeny jejich jednotlivé části spolu s detailním popisem konstrukce. Závěr této kapitoly bude obsahovat vlastní návrh konstrukce prototypu lovecké kuše.

#### 3.1. Rozdělení kuší dle způsobu použití

Moderní kuše lze rozdělit dle způsobu použití. Jedná se především o kuše využívané pro sportovní střelbu a kuše využívané k lovu.

- **Sportovní kuše**

Do této kategorie spadají jak kuše využívané pro rekreační střelbu na terč, tak i sportovní kuše používané ke střelbě na amatérských či profesionálních střeleckých soutěžích. Tyto sportovce sdružuje na mezinárodní úrovni Světová federace pro střelbu z kuše IAU (*Internationale Armbrustschützen Union*). Na území České republiky byla od roku 1990 organizace Československý svaz střelců z kuše. Dnes je to Český svaz kuší, pod jehož záštitou provozuje tento sport řada klubů. [51]

Ke sportovním účelům se zejména využívají kuše reflexní a v některých případech i kuše pistolové. U sportovních kuší je největší důraz kladen na co největší přesnost, i na úkor menšího dostřelu a rychlosti vystřeleného šípu. Střelecké soutěže jsou provozovány za určitých pravidel. Střelí se do terčů, které jsou umístěny od střelce v různých vzdálenostech. Při halové střelbě jsou 10 a 18 m, a při střelbě ve venkovních prostorách 35, 50 a 65 m daleko od střelce. Podle vzdálenosti terče jsou rozděleny dle průměrů, které se pohybují od 25 cm, při nejmenší vzdálenosti, až do 60 cm, při největší vzdálenosti. Střelec musí v časově omezené době vystřelit předem určený počet střel a trefit se co nejbližší ke středu terče. V hale se střelí většinou po třech výstřelech do dvou minut a při venkovní střelbě také po třech, avšak do tří minut. Střelba se smí provozovat pouze na místech určených ke střelbě z kuše, které podléhají přísným nařízením, aby nedošlo k neúmyslné škodě. Mezi střelcem a terčem musí být volný prostor, stejně tak jako okolo. Za terčem musí být val nebo jiná překážka zachycující šípky, nebo dostatečný volný prostor bez budov a pozemních komunikací. [52, 53]

- **Lovecké kuše**

Lovecké kuše jsou používány k lovu a vykonávání myslivosti, právě k těmto účelům se používají především kuše kladkové, a v menší míře také kuše reflexní. U loveckých kuší je vyžadována dostatečná přesnost, síla a rychlost výstřelu, aby došlo k co nejrychlejšímu, a k co nejméně bolestivému usmrcení lovené zvěře. Dále je nutné, aby tyto kuše byly spolehlivé, byly schopny střílet za nepříznivých podmínek a aby střelba z nich byla co nejtichší. Lovecké kuše bývají často opatřeny přesnými mířidly, ulehčující a zefektivňující střelbu. Jedná se například o mechanická, holografická, anebo optická mířidla. Jako střelivo do kuší pro lovecké účely se používají speciální šípové střely s loveckými hroty. Tyto hroty jsou osazeny skupinou řezných břitů, které působí velká řezná poranění a způsobují tak masivní krvácení u zasažené zvěře. Usmrcení zvěře z důvodů velké ztráty krve je velmi rychlé. Navíc při nepřesném zásahu zvěře a způsobení rány pouze v kůži nebo ve svalovině, dochází k velmi čistému řezu, který se rychleji uzdravuje než při obdobném zásahu palnou zbraní. [54, 55]

### 3.2. Rozdělení kuší dle konstrukce

Dále lze moderní kuše dělit dle konstrukce. Mezi základní typy patří kuše reflexní neboli kuše klasické, dále kuše kladkové, kuše reverzní a kuše pistolové.

- **Reflexní kuše**

Reflexní kuše jsou klasickým a tradičním typem kuší, jež se používaly po mnoha staletí a jsou jejich zdokonalenou obdobou. U těchto kuší je šípová střela urychlena kinetickou energií od pružné deformace lučiště.

Největší předností těchto kuší je jednoduchost a s tím spjatá i spolehlivost a nižší pořizovací náklady, dále také vysoká přesnost, dostatečná síla a průbojnost. Pro vysokou přesnost jsou často používány pro sportovní terčovou střelbu.

Průběh síly potřebné k natažení má téměř lineární charakter a postupně stoupá s rostoucí délkou nátahu. Maximální síla působící na konci natahované dráhy velmi zatěžuje spouštěcí mechanismus a tím snižuje jeho životnost. [56]

- **Kladkové kuše**

Kladkové kuše jsou oproti kuším reflexním vybaveny skupinou kladek, upevněných na pružném lučišti, tyto kladky díky jejich tvaru usnadňují natažení a prodlužují délku nátahu. Proto u tohoto typu lze využít kratší lučiště se zachováním podobných parametrů jako u reflexních kuší s delším lučištěm, nebo využít silnějšího lučiště, které by se u reflexních kuší stěžilo napínat, a zvýšit tak jejich efektivitu. [57]

Díky specifickému tvaru kladek, při kterém jsou uplatněny fyzikální zákony volné klady a páky, je průběh síly potřebné k natažení odlišný oproti klasickému typu. V počáteční fázi se vyskytuje prudký nárůst síly až do maximální hodnoty, kde dochází k přetočení kladek a síla postupně klesá a v konečné fázi má nižší hodnotu. Na spouštěcí mechanismus není vyvíjen takový tlak a jeho životnost je o to delší. Síla působící na šíp je opačná a tento šíp postupně zrychluje, navíc je mnohem větší délka nátahu a třetina působí na střelu po delší dráze. Z tohoto důvodu kladkové kuše dosahují vysokých hodnot rychlosti a průbojnosti střely. U špatně seřazených kladek může docházet k malému vychýlení třetiny a tím i ke snížení přesnosti. I přesto, že životnost spouštěcího mechanismu je oproti reflexnímu kuším delší, kladkové kuše vyžadují větší údržbu a péči, z důvodů většího počtu mechanických dílů. [58]

- **Reverzní kuše**

Speciálním druhem kladkových kuší jsou obrácené kladkové kuše, tzv. kuše reverzní. Tyto kuše nemají umístěné lučiště jako obvyklé kladkové kuše v přední části, ale je umístěno uprostřed, a navíc je otočeno směrem od střelce. I reverzní kuše jsou osazeny řadou kladek a lan zvětšující jejich účinnost. Při obráceném uložení lučiště lze razantním způsobem snížit jeho velikost, což má vliv na celkovou kompaktnost reverzních kuší. Těžiště celé kuše je blíže ke střední části, tím je docíleno lepší vyváženosti kuše a pohodlnější střelby. Oproti klasickým kladkovým kuším je prodloužena délka nátahu až o čtvrtinu, tím je zvýšena rychlost a síla vystřeleného projektilu. Mezi největší nevýhody reverzních kladkových kuší patří vysoká pořizovací cena, mnohdy až několikanásobně vyšší než u klasických kladkových kuší. Dále také větší náklady na údržbu, způsobené větším počtem mechanických částí a větším opotřebením třetivy způsobené velmi ostrým úhlem při natažení. [59, 60]

- **Pistolové kuše**

Jedná se o malé mechanické zbraně využívané především pro rekreaci a zábavu, avšak využívají se i pro sportovní účely a střelecké soutěže. Z důvodu menšího účinného dostřelu těchto kuší, asi do 20 metrů, jsou často používány pro střelbu uvnitř budov, například při halových akcích. Z konstrukčního hlediska se jedná o reflexní ale v mnohých případech i o kladkové kuše. Jako střelivo do pistolových kuší se používají ocelové kuličky nebo malé šípky, které jsou mnohem menší než šípy u klasických kuší a jsou přibližně 15 cm dlouhé. Menší síla nátahu umožňuje natažení i mladšími střelci, avšak v těchto případech je nutný dohled dospělé a zkušené osoby, aby nedošlo k ublížení na zdraví střelce nebo někoho z okolí. I přes menší velikost a nižší účinnost se stále jedná o zbraň, se kterou lze způsobit i vážná zranění a je nutné, dodržování pravidel popisující zacházení se zbraněmi. [61]

### **3.3. Popis konstrukce jednotlivých částí kuše**

V této části budou popsány konstrukce jednotlivých částí moderních kuší. V případě novodobých reflexních kuší je jejich konstrukce obdobou středověkých kuší, používaných na našem území. Proto i jednotlivé části jsou si velmi podobné, avšak zmodernizované a využívající lepší výrobní technologie a nové materiály.

Reflexní kuše jsou složeny z pružného lučiště, tětiny, jenž toto lučiště napíná, spouštěcího a pojistného mechanismu kontrolující střelbu, napínacího mechanismu ulehčující napnutí kuše, a nakonec i samotného těla kuše, jakožto základního tělesa. Kladkové kuše, taktéž jako kuše reverzní, jsou oproti kuším reflexním navíc vybaveny soustavou kladek a soustavou pomocných lan.

#### **3.3.1. Lučiště**

Lučiště je nejdůležitější částí samotné kuše. Při jeho natažení dochází k elastické deformaci a akumulaci potenciální energie, která je po uvolnění spouště převedena na kinetickou energii působící na šíp, tím ho urychluje a dochází k výstřelu. Tvar, rozměry a způsob upnutí lučiště udává základní parametry kuše, mezi které patří například síla nátahu a rychlost vystřeleného šípu.

Právě tvar, rozměry a způsob upnutí lučiště k tělu kuše jsou velmi odlišené u moderních kuší a vyskytují se jejich různé varianty.

Ve většině případů má lučiště tvar obloukové výseče. U klasických kuší jsou konce lučiště prohnuté na druhou stranu směrem od střelce, při napínání je třeba zvrátit konce proti jejich přirozenému pohybu. Tento tvar umožňuje docílení vyššího výkonu, tedy i dostřelu a průraznosti, oproti obyčejnému přímému prohnutí do písmene D. Takto tvarovaná lučiště se nazývají lučiště zvrtná, někdy také nazývaná lučiště reflexní, z tohoto názvu je odvozen i název klasických kuší využívající tento tvar lučiště, tedy kuší reflexních. Tětiva je k reflexnímu lučišti upnuta za pomoci malých zářezů na koncích lučiště, na které je navlečeno očko tětiny. V jiných případech jsou také často využívány speciálně tvarované koncovky, které svým tvarem umožňují pevné uchycení oka tětiny. [62]

U kladkových kuší reflexní tvar lučiště postrádá význam, a proto využívají obyčejného přímého prohnutí lučiště. V případě těchto kuší není tětiva přímo připevněna na lučiště, nýbrž je s ním propojena přes soustavu kladek, které jsou k lučišti pevně upnuty mnoha způsoby.

U reflexních kuší jsou ve většině případů lučiště jednodílná a jsou upnuta za pomoci otvoru uprostřed lučiště a šroubu, který při dotažení pevně upne lučiště k přední části těla kuše. Avšak při vytvoření otvoru do lučiště klesá jeho pevnost a houževnatost, proto u některých modelů bývá lučiště protaženo skrz otvor v tělu kuše a za pomoci šroubu a kovového klínu se závitem je lučiště přitlačeno a upevněno.

Kladkové kuše mnohdy nemají jednodílné lučiště, ale lučiště je složeno z několika ramen, obvykle dvou nebo čtyř. Tyto ramena jsou pak pomoci šroubů upnuta k pevnému a neohebnému kříži, který je následně přišroubován do přední části těla kuše, nebo je přímo pevnou součástí samotného těla. Velkou nevýhodou děleného lučiště je náročné ustavení ramen, aby byla dokonale symetrická a nedocházelo k ovlivnění přesnosti kuše v negativním slova smyslu. Na druhou stranu dělené lučiště umožňuje snížit hmotnost, a tím docílit vyšší využití naakumulované energie a zvýšit tak dostřel spolu se silou výstřelu.

Nejdůležitější vlastností lučiště kuše je jeho váha a také jeho schopnost elasticky se deformovat a tím akumulovat potenciální energii. Právě na tyto dva parametry má zásadní vliv materiál, který je použit na jeho výrobu. V dnešní době je materiál na výrobu lučiště především kompozitního charakteru. Materiály na bázi epoxidové polymerní pryskyřice vyztužené skleněnými nebo uhlíkovými vlákny dosahují vysokých hodnot elasticity při relativně nízké hmotnosti. Právě snížením hmotnosti lučiště se zvyšuje účinnost kuše. Pod pojmem účinnost kuše se rozumí poměrné množství energie, kterou je schopno lučiště předat projektilu a množství energie akumulované v lučišti při jeho natažení. To znamená že, čím je lučiště těžší, tím po stisku spouště spotřebovává více energie na urychlení sebe samého a tím pádem je o to menší část energie přenesena na střelu a dochází k poklesu její rychlosti. Při použití kompozitních materiálů je povrch lučiště povrchově upravován, na povrch je nanесena stejnoměrná vrstva speciální pryže. Tato vrstva snižuje možné nebezpečí vzniku úrazu při porušení celistvosti kompozitního jádra, a taktéž ho chrání před vlivy okolního prostředí. [63]

I v dnešní době lze naléznout i několik typů kuší, které využívají materiál použitý na výrobu lučiště ocel. V těchto případech je taktéž ocelové lučiště po celém svém povrchu potaženo vrstvou speciální pryže, která zvyšuje odolnost proti korozi a zvyšuje životnost lučiště.

### 3.3.2. Tělo

Tělo kuše neboli socha, je nezbytnou součástí kuše. Jedná se o hlavní konstrukční prvek, na němž jsou připevněny různými způsoby ostatní komponenty. Jde také z velké části o estetický prvek kuše, musí být vzhledově ale i ergonomicky příjemný, aby manipulace a střelba s kuší byla pohodlná. Samotné tělo kuše lze rozdělit do několika částí.

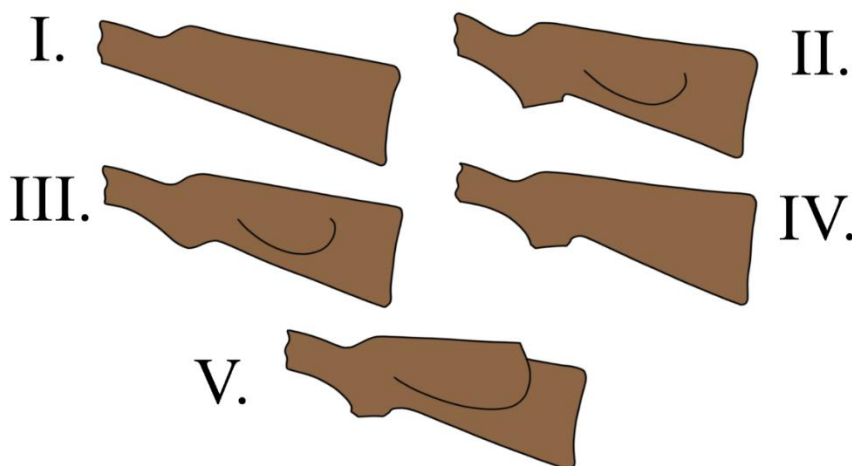
V přední části bývá povětšinou uchyceno lučiště, výjimku tvoří reverzní kladkové kuše, které mají lučiště umístěné uprostřed těla v obráceném směru. U kuší s jednodílným lučištěm je v přední části těla vytvořené vybrání nebo otvor pro umístění lučiště. U kuší, které nemají jednodílné lučiště, ale lučiště je tvořeno několika rameny, jež jsou upevněny na kříži, je tělo kuše v přední části upraveno tak, aby bylo možné upevnit tento kříž za pomoci šroubů.

V horní části těla dochází ke nepřetržitému kontaktu s tětivou. V této oblasti bývá vytvořena vodící drážka pro založení a správné ustavení šípů před výstřelem, a následného vedení šípky v průběhu výstřelu. Právě během výstřelu dochází k nechtěnému tření tětiny

o tělo kuše a dochází tak ke zpomalení šípů a snižování jeho rychlosti. Z tohoto důvodu jsou v horní části okolo vodící drážky hladké lišty, mnohdy vyrobeny z leštěného kovu, například mosazi a hliníku. Tyto lišty slouží ke snížení tření mezi tělem a tětivou a tím zvyšují výslednou rychlost vystřeleného šípu. V některých případech je drážka vytvořena jen v oblasti u spouštěcího mechanismu, a na opačné straně je šipka podložena a ustavena například pomocí drátěného ocelového vedení. Kontaktní plochy mezi tělem a tětivou jsou zredukovány na minimum a zvýší se tím celková účinnost kuše. [22]

Vodící drážka přechází až k oblasti spouštěcího mechanismu, v dnešní době je většina vyráběných kuší osazena vyjímatelným spouštěcím mechanismem, který je pouze vložen a zajištěn v těle kuše. Takto vyjímatelný způsob spouštěcího mechanismu je vhodný zejména při jeho poruše a nutné demontáži. Otvor pro spouštěcí mechanismus přechází z horní části až do spodní, kde bývá umístěna spoušť. Spoušť bývá často umístěna přímo pod spouštěcím mechanismem, avšak u některých modelů kuší s velmi dlouhou délkou nátahu, především kladkových kuší, bývá spoušť umístěna před spouštěcím mechanismem. K zabránění nechtěnému výstřelu, nebo nežádoucímu zachycení a případnému poškození spouště, je spoušť chráněna tzv. lučíkem. Tato ochrana bývá buď součástí těla kuše, a tvoří jeho celkový objem, nebo v jiných případech je odnímatelná a tvořená přídatným komponentem.

Zadní část těla kuše je nazývána pažbou a slouží k opření zbraně o rameno střelce během výstřelu. Toto opření umožňuje lepší a pohodlnější manipulaci se zbraní, což vede ke zvýšení přesnosti střelby. Pažba může být různé konstrukce a tvarů. V některých případech tvoří i rukojeť kuše v jiných slouží pouze k opoře při střelbě. Řada pažeb moderních konstrukcí umožňuje teleskopické prodlužování a tím nastavení optimální délky, nebo také jejich sklopení a zvýšení kompaktnosti celé kuše. U loveckých kuší bývá často pažba obdobná těm, které se používají u klasických loveckých palných zbraní. Například ty, které jsou znázorněny na (obr. 12.), v prvním bodě se jedná o pažbu anglického typu, ve druhém jde o francouzský typ, třetí typ je německý, čtvrtý americký a pátý typ pažby je nazýván Monte Carlo. Některé pažby mají lícnici, která slouží k opoře hlavy při míření a střelbě. V některých případech je za pomoci sklopení pažby docíleno natažení kuše. V jiných případech je v samotné pažbě umístěn elektrický nebo ruční mechanismus ulehčující natažení. [2]



Obr. 12.: Pažby loveckých zbraní, inspirováno z [2].

Aby nemohlo dojít k nechtěnému kontaktu mezi prsty podpírající ruky a tětivy během výstřelu, což by mohlo mít katastrofální následky a mohlo by ohrozit zdraví střelce musí být ve spodní částí dostatečně rozšířené předpažbí tvořící rukojeť.

U některých typů kuší jsou v zadní části pažby a v přední části předpažbí vytvořeny upínací očka, sloužící pro upnutí popruhu, jenž usnadňuje manipulaci s kuší a taktéž její přepravu.

Materiály používané na výrobu těla kuše jsou velmi různorodé a musí splňovat požadavky, které jsou na ně kladené. Jako je například dostatečná pevnost, která by zajistila bezpečné upevnění všech jednotlivých komponentů kuše. Dále je nutná odolnost proti vlivům okolního prostředí, především odolnost proti vlhkosti. Odolnost proti případnému mechanickému poškození. V neposlední řadě je nízká hmotnost materiálu taktéž velmi podstatnou vlastností, jelikož tělo tvoří velký podíl z celkové hmotnosti kuše a střelba s příliš těžkou kuší je značně nepraktická a nepohodlná. Pro výrobu se používá buď jednoho druhu materiálu, nebo kombinace dvou a více druhů.

Velmi oblíbeným materiálem pro výrobu těla kuše, jenž splňuje výše uvedené předpoklady je hliníková slitina. Z této slitiny se odléváním a následným třískovým obráběním vytváří lehké a dostatečně pevné tělo kuše. Povrchovou úpravou lez docílit i lepších vlastností a vzhledu součástí.

Další velmi populárním materiálem jsou různé plastické hmoty a polymerní materiály. Kvůli nižším výrobním nákladům a dostatečným pevnostním a hmotnostním vlastnostem těchto materiálu jsou často využívány u levnějších modelů.

V ojedinělých případech, především u dražších profesionálních modelů používaných ke sportovní střelbě, jsou pro výrobu zvoleny speciální materiály. Jedním z nich je například hořčíková slitina, jenž disponují velmi nízkou hmotností, a přesto vysokou pevností.

Poněkud tradičnějším materiálem pro výrobu těla kuše je dřevo. Dřevo má ve zbrojním průmyslu dlouhou tradici, používalo se pro výrobu těl kuší ale i pažeb střelných zbraní již po staletí. Pro výrobu se používají tvrdé a houževnaté dřeviny, jako je například dub, buk a ořešák. Právě dřevo z těchto stromů dosahuje vysoké pevnosti. Povrchovou úpravou, voskováním a lakováním, lze docílit odolnosti proti vlhkosti a jiným vlivům okolního prostředí.

### 3.3.3. Tětiva a lanový systém

Tětiva je nedílnou součástí všech typů kuší, zprostředkovává napnutí lučiště a přenáší z něj energii do šípu během výstřelu. Tětiva musí být vždy napnutá, i když není kuše natažena.

Samotná tětiva se skládá z několika vnitřních vláken, které jsou zpevněny vnější omotávkou. Počet vnitřních vláken je odvozen od kvality a pevnosti použitého materiálu na výrobu tětivy a také podle síly lučiště, kterou daná kuše disponuje. Obvyklý počet vnitřních vláken s využitím dnešních materiálů pro standardní kuše se pohybuje okolo 20 až 40 vláken. Omotávka chrání vnitřní vlákna před poškozením, případným přetržením. Je tvořena jedním vláknem, kterým se pečlivě omotává a utahuje svazek vnitřních vláken. Omotávka může být po celé délce tětivy, nebo v některých případech z důvodů snížení hmotnosti, je omotávka tvořena pouze na krajních očkách a na středu tětivy. Krajová očka slouží k upevnění tětivy na lučiště, a právě zde je nezbytné jejich zpevnění. Ve střední části tětivy, kde dochází ke

kontaktu se spouštěcím mechanismem a případnému tření tětiny po vodících lištách je omotávka taktéž nezbytná. [64]

U kladkových kuší je tětina natažena mezi jednotlivými kladkami, avšak tento typ využívá navíc další přídatná lana zajišťující správnou funkci kladkového systému. Celá soustava těchto pomocných lan je u kladkových kuší nazývána lanový systém.

Lanový systém kuše je složen ze dvou nebo více lan. Lano je na jedné straně upnuto k lučisti pomocí koncového očka, následně je provlečeno na druhou stranu, kde je připevněno ke kladce. U druhého lana je upnutí totožné jen symetricky otočené. Tyto lana jsou tvořeny obdobným způsobem jako tětina kuše. Počet středových vláken může být totožný s tětinou, nebo v některých případech může být nižší. Způsob provlečení lan přes střed bývá různý, v některých případech lana prochází pod tětinou přes otvor, který je vytvořen v samotném těle kuše, v jiných případech jsou lana vedena nad tětinou. Často bývají lana v oblasti kontaktu od sebe oddálena za pomoci vložky, která zabraňuje tření a poškození jednotlivých lan.

Pro snížení hluku střelby jsou mnohdy využívány gumové dorazy, také zvané jako tlumiče. Tyto tlumiče jsou umístěny v přední části kuše a při výstřelu se o ně zabrzdí uvolněná tětina a dojde tak k útlumu jejích vibrací. Avšak při jejich použití bývá snížení hluku při výstřelu mnohdy doprovázeno i snížením rychlosti vystřeleného projektilu.

V průběhu používání tětina stárne a prodlužuje se, může dojít k jejímu poškození a v některých případech i porušení. U reflexních kuší vzniká velké napětí na tětinu při zachycení ve spouštěcím mechanismu, což razantně snižuje její životnost. Tento problém je vyřešen u kladkových kuší, kde díky charakteristickému průběhu síly nátahu nevzniká tak velká síla v závěrečné fázi.

Životnost tětiny a celého lanového systému lze prodloužit správným použitím vhodného maziva, které snižuje tření v kontaktních plochách a také zvyšuje odolnost proti vlivům vnějšího prostředí. Řada výrobců kuší nabízí speciální maziva přímo určené k údržbě tětiny a lanového systému, avšak lze použít i přírodní maziva, například na bázi včelího vosku

Po určitých počtech výstřelů by měla dojít u reflexních i kladkových kuší k opravě, nebo případné celkové výměně omotávky tětiny, tento počet se může lišit podle síly kuše, vlastností materiálu omotávky a celkové údržby. Avšak během dvou až tří let by mělo dojít ke kompletní výměně staré tětiny za novou. U lanového systému kladkových kuší dochází během používání k postupnému prodlužování lan, což má za následek změnu orientace kladek a zhoršení výsledných vlastností kuše. Z těchto důvodů i lanový systém vyžaduje údržbu a v některých fázích i výměnu.

U reflexních kuší je výměna tětiny celkem jednoduchou záležitostí s využitím speciálního šroubového napínáku, nebo druhé pomocné tětiny. Tyto pomůcky jsou připevněny na již napnuté lučisti a umožňují tak uskutečnit další prohnutí lučisti, které je větší než prohnutí při střelbě z kuše. Když je docíleno prohnutí lučisti do takové míry, že původní tětina lze bezproblémově odebrat, je na její místo nasazena tětina nová a dodatečné napínací mechanismy jsou povoleny. Aby docházelo k samovolnému dotahování středové omotávky, musí být nová tětina zkroucena ve správném směru dva krát nebo tři krát. [65]

U kladkových kuší je výměna tětiny spolu s lany obtížnější. Při výměně je nutné zajistit stejnou vzdálenost mezi osami jednotlivých kladek před a po výměně, dále také

správné časování a vzájemné vyosení kladek. Samotná výměna probíhá obdobně, nejprve je nutné pomocí vhodného přípravku prohnout lučiště a uvolnit tak starou tětivu a lana. Při montáži nové tětivy a lana je nutné dbát na již uvedené problémy, které lze vyřešit pomocí vhodného zkroucení jednotlivých konců. Zkroucením dochází ke zkrácení lana a může tak být docíleno požadovaného cíle. Po výměně je nutná kontrola správného zaháknutí a ověření, zdali se lana a tětivy nachází v drážkách kladek.[65]

Při přetržení tětivy během střelby může dojít k vážnému zranění střelce nebo k poškození kuše. Proto je velmi nutné mazat a pečlivě kontrolovat tětivu spolu s lanovým systémem, a při náznacích opotřebení je opravit.

V dřívějších dobách byly tětivy kuše vyráběny z konopných nebo lněných vláken. V dnešní době se pro výrobu používají především moderní syntetické materiály dosahující vysoké pevnosti a nízké hmotnosti. Právě zmíněná hmotnost tětivy má velmi podstatný vliv na velikost energie, kterou předá vystřelenému projektilu. Dnes na trhu dominují dva typy. Jedním z nich je materiál zvaný Dacron, jenž je obchodním označením pro materiál vyráběný z polyesterového vlákna. Jeho velkým konkurentem je materiál zvaný FastFlight, oproti Dacronu je mnohem tužší a při střelbě se méně natahuje. Při menším protažení tětivy je možné předat více energie do střely, která následně letí přesněji a do větší vzdálenosti. Avšak příliš tuhá tětiva namáhá lučiště, především jeho konce, a také při výstřelu vytváří více hluku. V ojedinělých případech, spíše pro lanový systém u starších kladkových kuší, se používala i ocelová lanka. [64]

#### 3.3.4. Kladkový systém

Systém kladek je velmi důležitý komponent u kladkových kuší. Svým tvarem a umístěním upravují výsledný průběh závislosti síly nátahu na jeho délce a tím zlepšují vlastnosti kuše. V dnešní době existuje řada druhů a tvarů kladek. Velké firmy zabývající se výrobou kuší vkládají značné množství prostředků právě na vývoj a vytváření konstrukce vlastních mnohdy i patentovaných kladek, jenž používají na svých modelech. Kladky bývají odlišné svým tvarem, rozměry, provedením a použitým materiálem. Na moderních kuších bývá nejčastěji kladkový systém složen ze čtyřech kladek, avšak u některých specifických modelů se používá i jiný počet kladek, například dvě, šest nebo osm. Kladkové systémy mnohdy vyžadují společně s tětivou i lanový systém, který zabezpečuje jejich správnou funkci. Aby nedocházelo ke sklouznutí tětivy a ostatních lan při rotaci kladek, bývá na jejich obvodu vytvořena drážka půlkruhového charakteru.

Poměrně jednoduchým konstrukčním řešením je využití dvou obyčejných kladek, které mají kruhový tvar a centrální otvor. Jeden konec tětivy je pevně připevněn k prvnímu rameni, následně je tětiva provlečena přes protější kladku ke kladce bližší a její druhý konec je upevněn na opačném rameni než první. Tímto způsobem vedení tětivy a umístění kladek dochází k uplatnění principu volné kladky a je tak snížena požadovaná síla nátahu, spolu se zvýšenou délkou, po kterou je možno tětivu natáhnout. Využití této konstrukce umožňuje použití silnějších, popřípadě kratších ramen, což spolu s delší dráhou, po které je tětiva schopna předávat energii vystřelenému šípu, vede ke zlepšení celkových vlastností kuše. Avšak průběh síly zůstává obdobný jako u reflexních kuší. S postupně zvyšující se délkou, stoupá i síla nátahu. [66]

Dokonalejším kladkovým systémem, který se často používá, je typ konstrukce využívající čtyři kladky, které jsou umístěny po dvojicích na každé straně. Spodní kladka,



jenž je menšího rozměru je pomocí lana pevně propojená s protilehlým ramenem. Horní kladka je větší a pomocí tětiny je spojena s protilehlou vrchní kladkou. V některých případech jsou kladky kruhového tvaru. Jednotlivé kladky jsou spojeny do dvojic, přes které prochází excentrický otvor. Vzájemné natočení kladek ve dvojici spolu s rotací okolo excentrického otvoru má za následek proměnlivý převodový poměr, při kterém dochází ke změně průběhu síly. Kladky kruhového charakteru mají nízké náklady na výrobu, avšak průběh síly, který lze s kladkami tohoto tvaru dosáhnout není ideální. V dnešní době se mnohem častěji používají kladky speciálního tvaru než kladky kruhové. Speciální tvar kladek spolu s rotací okolo excentrického otvoru umožňuje nastavit téměř jakýkoliv průběh síly nátahu v závislosti na jeho délce. Tento průběh lze měnit za pomoci fyzikálního principu jednozvrtné páky s proměnlivou délkou ramen. [67, 68]

Kladky mohou být k lučišti upnuty několika způsoby. Ve většině z nich je do otvoru v kladkách nalisováno jedno nebo dvě ložiska snižující ztráty třením během rotace kladek. U kladek menšího rozměru se používají ložiska kluzná, zatímco u kladek větších rozměrů bývají ložiska valivá. Kladky jsou nasunuty na válcovém čepu, který je uložen přímo do otvorů v jednotlivých ramenech lučiště a zajištěn pojistnými třmenovými kroužky. U tenkých lučišť, kde by vrtání skrz ramena v příčném směru bylo neproveditelné, nebo by nedošlo k pevnému a bezpečnému uložení válcového čepu v těchto vrtaných otvorech, bývá válcový čep spolu s kladkami uložen v přídavných blocích s otvory, které jsou přišroubovány k lučišti.

Dnešní kladky jsou vyráběny z materiálů, které zaručují jejich dostatečnou pevnost v kombinaci s malou hmotností, jedná se především o hliníkové slitiny a plastické hmoty. Pro vytvoření přesně daného specifického tvaru kladek bývá často použito frézovacích technologií s využitím strojů s CNC řízením. U velkých výrobců jsou speciálně tvarované kladky odlévány, popřípadě vstřikovány do přesně tvarovaných forem.

### 3.3.5. Spouštěcí mechanismus

Jedná se o mechanické zařízení zprostředkovávající zachycení natažené tětiny, udržení této tětiny v napnutém stavu a následné její uvolnění v požadovanou chvíli.

Spouštěcí mechanismus je nedílnou součástí moderních kuší. Existuje velké množství konstrukcí spouštěcích mechanismů, řada z nich je patentována. Výrobci kuší stále vyvíjejí a zdokonalují jejich konstrukce a posouvají úroveň kuší kupředu. Konstrukce spouštěcího mechanismu musí být spolehlivá, bezporuchová a musí plnit svoji funkci za všech situací. Poškození spouštěcího mechanismu může způsobit pouze nefunkčnost kuše, anebo v horších případech může mít za následek poškození samotné kuše, popřípadě může být i ohroženo zdraví střelce a jeho okolí. [69]

Velmi podstatnou součástí spouštěcího mechanismu kuší je speciálně tvarovaná součást nazývaná háček, která je umístěna na otočném čepu. Ve vystřeleném stavu spouštěcího mechanismu je tento háček otevřen. Při nátahu kuše dochází ke kontaktu tětiny a zadní strany háčku, na kterou působí síla od natahujícího elementu, například od střelcových rukou, napínáku nebo navijáku. Jakmile je překonán určitý odpor, dochází k uzavření háčku, jeho zajištění a také zajištění samotné tětiny.

U jednodušších konstrukčních řešení je háček zajištěn přímo o další velmi důležitý komponent spouštěcího mechanismu, a to konkrétně o spoušť kuše. Spoušť bývá taktéž

umístěna na otočném čepu a za pomoci jejího tvaru je o ni zachycen napnutý háček, který následně při zmáčknutí spouště je uvolněn a dochází k výstřelu.

U konstrukčně složitějších řešení je spouštěcí mechanismus vybaven i řadou dalších komponentů, které zajišťují zachycení háčku a následné jeho uvolnění v požadovanou dobu. Toto složitější řešení může zvyšovat citlivost spouště, ale také umožňuje změnu její polohy, která se nemusí nacházet přímo pod háčkem, ale může být umístěna v jiné poloze. Což je často využíváno u kladkových kuší s velmi dlouhou délkou nátahu.

Důležitou charakteristikou spouštěcího mechanismu je styl vypuštění tětiny, který je ovlivněn směrem rotace nataženého háčku po uvolnění. Existují dvě základní varianty vypuštění tětiny ze spouštěcího mechanismu. Při první variantě je při stisknutí spouště háček tlačěn napnutou tětinou směrem k tělu, rotuje tedy ve směru pohybu hodinových ručiček. Při této variantě může dojít k předčasnému uvolnění tětiny kuše ze spouštěcího mechanismu, právě ve chvíli, když háček ještě není v jeho krajní poloze. V takovém případě dochází k malému nadskočení tětiny a mírnému vychýlení z její dráhy v prvotní fázi výstřelu, což v některých případech může mít za následek snížení výsledné přesnosti kuše. Ve druhé variantě je tento problém vyřešen opačným smyslem otáčení spouštěcího háčku. Při jeho uvolnění z nabitě polohy je tětinou tlačěn směrem od těla, tedy v protisměru pohybu hodinových ručiček. U tohoto způsobu uvolnění je tětina v nepřetržitém kontaktu s tělem kuše a její případné vychýlení je tedy eliminováno. [70]

### 3.3.6. Pojistný mechanismus

Pojistný mechanismus umožňuje zajistit nataženou kuši před nežádoucím výstřelem a tím zvyšuje bezpečnost manipulace s kuší. U kuší jsou využívány dva základní způsoby zajištění spouštěcího mechanismu.

Prvním z nich je manuální způsob, při kterém si střelec sám zajišťuje a uvolňuje spouštěcí mechanismus. Jedná se o jednoduchou konstrukci využívající zarážky nebo dorazu, který brání v pohybu spoušti a tím je zabráněno také výstřelu. Tento doraz má dvě polohy, zajištěno a odjištěno, ve kterých bývá fixován za pomoci fixačního členu. Může se jednat například o pérovou podložku, pružný tvarovaný plech a dvě vybrání na dorazu, nebo také o kuličku tlačенou pružinou a obdobné vybrání na dorazu.

Druhou, mnohem komplikovanější variantou je automatický způsob. U kterého bývá často zajištění způsobeno samotným natažením kuše, při kterém natáhnutý háček přesune jistící doraz do polohy zajištěno a tím je zabráněno výstřelu. Následné odjištění provádí střelec manuálním přesunutím dorazu do polohy odjištěno a tím je umožněn výstřel. [69]

Řada moderních kuší je vybavena pojistným mechanismem zabraňujícím střelbu na prázdnou, tedy střelbu bez šípu. Mnohdy je tento problém řešen za pomoci páky, jenž je po zasunutí šípu do vodící drážky nadzvednuta a tím je umožněn pohyb spouště.

Spoušťový i pojistný mechanismus je uložen v pevné skříni, které je vložena a zajištěna do těla kuše. Jako materiál skříně ale i jednotlivých částí je použit ve většině případů kov, často to bývá ocel, hliníkové slitiny anebo kombinace obou zmíněných.

Vrchní plocha skříně mechanismu bývá mnohdy osazena speciální montážní lištou, na které jsou upnuty mířidla. Tato mířidla činí střelbu z kuše efektivnější a přesnější. Mohou být mechanického, optického nebo holografického charakteru. Mechanická mířidla jsou jednoduchým a levným řešením, používají se u velkého množství moderních kuší, především

u kuší sportovních, kde ostatní způsoby míření jsou zakázány. Některé typy kuší nemají horní montážní lištu a mechanická mířidla jsou upnuta přímo na horní ploše skříňě spouštěcího mechanismu. Optická nebo holografická mířidla jsou dražší variantou, umožňující přesnou střelbu na delší vzdálenosti. Jsou především využívány u výkonných loveckých kuší.

Ve značném množství případů bývá skříň spoušťového a pojistného mechanismu vybavena přítlačnou pružinou. Jedná se o velmi podstatný komponent, vyrobený z tenkého elastického ocelového plechu, která tlačí na vloženou šípovou střelu a přidržuje ji ve vodící drážce. Tím je vyloučeno vysunutí nebo vypadnutí střely při pohybu s nabytou kuší. Mnohdy bývá tato přítlačná pružina propojena s pojistným mechanismem bránící výstřelu naprázdno.

### 3.3.7. Napínací systém

Napínací mechanismus slouží k usnadnění napnutí kuše a natažení tětiny do spouštěcího mechanismu. V dnešní době je na trhu velké množství napínacích mechanismů, rozdílné svým principem, konstrukcí a mnoha dalšími aspekty. Řada firem zabývajících se průmyslovou výrobou moderních kuší má patentované své vlastní napínací mechanismy, které používá na svých modelech.

I přes velké množství vyráběných napínacích mechanismů, je spousta kuší napínáno ručně. Jedná se spíše o kuše, které nevyžadují velkou sílu nátahu. V tomto případě je natažení obdobné jako to, které bylo používáno již od středověku, a které je popsáno v první kapitole této práce. K napnutí je využito třmenu, jenž je připevněn na konci těla kuše, a slouží k přislápnutí kuše k zemi a tím k jejímu zafixování. Následně střelec uchytí oběma rukama tětinu, co nejvíce ke středu, a natáhne ji až do spouštěcího mechanismu, kde je zachycena a připravena k výstřelu. Tětiva při napínání musí být uchycena co nejblíže ke středu, ve stejné vzdálenosti. V opačném případě, by mohlo dojít k nepřesnému natažení a tětiva by nemusela být zachycena spouštěcím mechanismem v jejím středu, což by mělo negativní účinek na výslednou přesnost a dostřel vystřeleného šípu. [22]

Dalším poměrně jednoduchým způsobem natažení kuše je způsob využívající ruční napínač tětiny. Jedná se o lanko s navlečenými háčky. Na koncích lanka jsou upevněna ergonomická madla, která usnadňují úchop napínače. Háčky slouží k uchycení tětiny při napínání. Mnohdy bývají dvojího druhu. V první variantě se jedná o dva spojené háčky, které přesně zapadají na vodící lištu kuše a umožňují přesné uchycení tětiny v konstantní vzdálenosti od středu. Druhou méně přesnou, avšak univerzálnější a cenově méně nákladnou variantou je využití dvojice samostatných háčků, které nejsou navzájem propojeny a tím pádem nemusí být zaručena konstantní vzdálenost háčků při napínání. Při napínání je střed lanka přiložen na zadní stranu těla kuše, tětiva je zachycena do háčků, kuše je za pomoci třmenu přislápnuta k zemi a pohybem obou konců lanka s madly současně vzhůru dochází k napínání. Tento napínací mechanismus využívá principu volné kladky, tím je docíleno snížení potřebné síly nátahu téměř o polovinu.

Důmyslnějším napínacím mechanismem je klikový napínák. V jednodušším provedení se jedná o mechanismus podobný rumpálu, celý tento mechanismus je umístěn v zadní části kuše a je odnímatelný. V tomto případě háčky zachycující tětinu jsou připevněny na lanka, která jsou vedeny až do napínacího mechanismu, kde jsou přichycena k otáčivé hřídeli. Hřídel je osazena ozubeným kolem a západkou zabraňující nežádoucímu zpětnému pohybu, a také klikou, jenž slouží k otáčení hřídele a k navijení lanka.

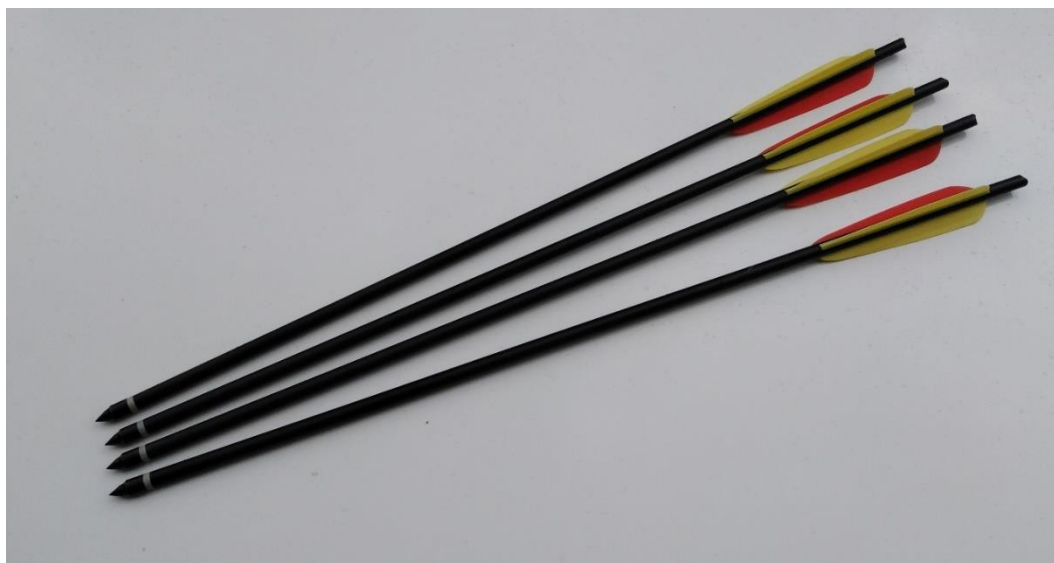
V okamžiku, kdy je tětíva zachycena ve spouštěcím mechanismu, je západka uvolněna a napínák povolen. [71]

Některé modely kuší, obsahují vlastní integrovaný napínací systém, například řada modelů kuší od světové značky Barnett. V těchto případech bývá často napnutí zprostředkováno za pomoci pevných prodloužených háčků, jenž jsou připevněny k pažbě, která se dá zalomit a lze ji otočit okolo čepu umístěném ve spodní části rukojeti. Při zalomení dochází k pohybu háčků, jenž jsou vedeny pomocí vodícího čepu a vodící drážky. V první části háčky vyjíždí do úrovně tětivy, následně ji zachytí. Pomocí dalšího ohybu zlomené pažby dochází k napnutí tětivy až do zachycení spouštěcím mechanismem, poté je pažba vrácena do původní polohy a kuše je připravena ke střelbě. Díky principu páky, je síla potřebná k natažení kuše značně snížena, a samotné natažení je velmi rychlé. Podobného principu využívají i jiní výrobci kuší, například pomocí páky ve spodní části kuše a obdobného systému háčků. [22]

Dalším zajímavým způsobem napínání je mechanismus patentovaný výrobcem kuší Ravin. Tento výrobce ve svých modelech využívá integrovaného napínacího systému. Tento systém využívá speciální spouštěcí mechanismus, který je z části pohyblivý, konkrétně jeho horní část s háčkem. Pohybuje se v přesné vodící drážce, za pomoci dvou pohybových šroubů, které jsou poháněny převodovkou a malým elektromotorem, popřípadě pákou. Při napínání část spouštěcího mechanismu vyjíždí kupředu, kde v přední části zachytí tětívu a vrací se spolu s ní do své výchozí polohy, čímž dochází k napnutí tětivy. [72]

### 3.3.8. Střelivo

I střelivo používané pro střelbu z kuší si prošlo dlouhým vývojem, v dnešní době se již nepoužívají malé a těžké šípky, jak tomu bylo v dobách středověku. Moderní šípové střely jsou mnohem delší a lehčí, velmi podobné šípům používaným pro střelbu z luku (obr. 13.).



*Obr. 13.: Šípky do kuše.*

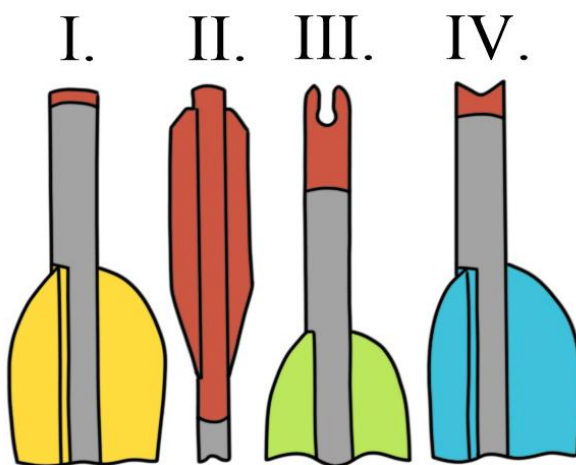
Délka i hmotnost střely závisí na použitém materiálu pro výrobu, a především také na kuši, pro kterou je používána. Obvyklá délka šípů do dnešních kuší bývá okolo 50 centimetrů, přičemž hmotnost dosahuje jen pár desítek gramů. V některých literaturách bývá

uvedeno pravidlo, které by se mělo použít při výběru vhodného střeliva pro kuši. Toto pravidlo udává, že na každou libru nátahu kuše, tedy přibližně 0,45 kilogramu, je nezbytné počítat s 2,5 grainu hmotnosti střely, tedy s přibližnými 160 miligramy. Při nedodržení tohoto pravidla může dojít k poškození střely, nebo v některých případech i destrukci lučiště kuše. [22]

Samotné šípové střely se skládají ve většině případů z pěti částí, a to z těla střely, jeho zakončení neboli koncovky, ze stabilizačních křidélek, dále z otvoru se závitem vytvořeném v přední části těla střely a hrotem, který je do tohoto otvoru zašroubován.

Tělo šípové střely bývá nejčastěji tvořeno přesnou rovnou trubičkou, i sebemenší chyby v osové souměrnosti tohoto těla mají nepříznivý vliv na výslednou přesnost kuše. Jako materiál na výrobu těla šípové střely se používá hliníkové slitiny, především dural, nebo kompozitního materiálu na bázi uhlíkových vláken. Výhodou duralových šípů bývá jejich nízká pořizovací cena, avšak na úkor jejich pevnosti. Může dojít k jejich poškození, například prohnutím, což má značný vliv na přesnost střely. Prohnuté duralové šípy lze rovnat na speciálních přípravcích k tomu určených. Tento problém je vyřešen použitím kompozitních uhlíkových šípů, také zvané jako šípy karbonové. Karbonové šípy jsou oproti duralovým mnohem nákladnější, ale dosahují vysoké pevnosti a spolehlivosti. Poškození těchto šípů prohnutím je téměř vyloučeno, při velkých napětích může dojít jen k rozlomení.

Koncovka, která je přilepena, nebo zašroubována do zadní části těla, bývá ve většině případů vytvořena z plastické hmoty. V dnešní době existuje řada variant provedení zakončení šípových střel pro kuše. Na (obr. 14.) jsou znázorněny některé používané typy. Často používané zakončení je znázorněno na první pozici, jedná se o koncovku s rovným čelem. Obdobné provedení je naznačeno i na druhé pozici, avšak v tomto případě zde koncovka tvoří i dvě stabilizační křídélka, tento typ zakončení je hojně využíván u projektilů do pistolových kuší. Třetí typ zakončení využívá zámek, do kterého je zachycena tětíva. Šípové střely s tímto zakončením se často používají při střelbě z luků, ale také u kuší, které nemají vodící drážku. Posledním znázorněným typem zakončení je koncovka s vybráním, jenž díky svému tvaru lépe dosedá na vypuštěnou tětívu a umožňuje přenést z ní více energie do samotného projektilu, a tak zvýší celkovou efektivitu kuše. [22]



Obr. 14.: Zakončení šípových střel kuší, inspirováno z [22].

Na těle v zadní části bývají nalepena směrová stabilizační křídélka, která zvyšují přesnost výstřelu. Ve většině případů se používají tři křídélka, která jsou symetricky

rozmístěna a svírají mezi sebou úhel  $120^\circ$ . V některých případech, například u pistolových kuší, se používají pouze dvě.

V přední části těla šípové střely bývá vytvořen otvor se závitem pro upevnění hrotu (obr. 15.). Díky tomuto prvku lze jednotlivé hroty snadno a rychle měnit dle potřeby a střela se stává univerzální.



*Obr. 15.: Přední část šípů s výměnným hrotem.*

Poslední částí šípové střely je hrot, v dnešní době je na trhu nepřeberné množství hrotů. Tyto hroty lze dělit z několika hledisek. Jedním z nich je dělení dle konstrukce na hroty pevné a hroty pohyblivé. Dalším hlediskem, podle kterých lze hroty šípových střel dělit je způsob jejich použití, a to především hroty pro sportovní terčovou střelbu nebo hroty pro lovecké účely.

Hroty terčové (obr. 16.) jsou používány pro nácvik a trénink střelby z kuše. Tvar těchto hrotů je velmi jednoduchý a napomáhá tak snazšímu vytahování šípových střel z terčů a také k menšímu poškození těchto tréninkových terčů. Hroty jsou nejčastěji vytvářeny soustružením. Jako materiál se používá ocel. Mají často válcovitý tvar, na jedné straně je vytvořen závit pro upevnění a na druhé je vytvořena kuželová špička. Často se používají k nastřelení a seřízení lovecké kuše. Z tohoto důvodu jsou vyráběny s rozdílnou hmotností, která je následně vybrána dle hmotnosti hrotu používaného k loveckým účelům. Při stejné hmotnosti obou hrotů lze očekávat stejné chování vystřeleného šípu a není nutné kuši nastřelovat s loveckými hroty, které nejsou kvůli svému tvaru pro terčovou střelbu vhodné. Cena terčových hrotů oproti hrotům loveckým je zanedbatelná, avšak dosahovaná přesnost bývá mnohdy větší. [73]



Obr. 16.: Terčové hroty.

Hroty lovecké (obr. 17.) jsou podstatně složitější konstrukce než hroty terčové. Jsou osazeny několika řeznými břity, které zvyšují ranivou schopnost hrotu a pomáhají tak k rychlejšímu usmrcení zvěře. Tyto malé čepele bývají upevněny na středový hrot a ve většině případů jsou odnímatelné z důvodů výměny nebo přebroušení. Počet břitů bývá různý, nejčastěji se vyskytují dva, tři nebo čtyři břity na jednom loveckém hrotu. Avšak v některých speciálních konstrukcích lze nalézt břitů více. V současné době trh nabízí velkou řadu loveckých hrotů různých konstrukcí a provedení. Častým konstrukčním řešením upevnění řezných břitů je jejich zasunutí do drážek vytvořených v axiálním směru na středovém hrotu a následné zajištění za pomoci matice, která je našroubována na horní část středového hrotu, kde je vytvořen závit. Jako materiál je často používána ocel, pro výrobu řezných břitů především korozivzdorná martenzitická ocel. [55]



Obr. 17.: Lovecké hroty.



I přesto, že většinu loveckých hrotů lze rozebrat, jsou stále řazeny do kategorie hrotů pevné konstrukce spolu s terčovými hroty. Jejich opakem jsou hroty pohyblivé konstrukce. Tento druh hrotů, především loveckých, je mnohem konstrukčně složitější a využívá svých pohyblivých částí pro zlepšení celkových vlastností šípových střel při výstřelu. Lovecké hroty pohyblivé konstrukce mají během manipulace se šípovou strelou a také během výstřelu své hroty sklopené až do okamžiku, kdy se hrot dostane do kontaktu s překážkou, například s tělem zvěře. Při prvním kontaktu hrotu s překážkou je zvýšen tlak na čepele a ty se otevřou a začínají plnit svoji funkci. Velkou výhodou šípových střel s pohyblivými loveckými hroty je zvýšená bezpečnost při manipulaci, kde je sníženo nebezpečí hrozícího poranění o ostré řezné břity. Díky nižšímu aerodynamickému odporu sklopných ramen dochází k menšímu zbrzdění vystřeleného šípu, a tím ke zvýšení dostřelu a přesnosti, především na větší vzdálenost.

### 3.4. Příklady loveckých kuší

Lovecká kuše s názvem Vengeance APG (obr. 18.) od americké společnosti Barnett, jenž se s dlouholetou tradicí zabývá výrobou kvalitních profesionálních kuší, patří k nejmodernějším výtvarům současnosti. Využívá reverzní kladkové konstrukce k maximálnímu využití čtveřice kompozitních ramen upevněných na středovém kříži. Udávaná síla potřebná k napnutí lučiště této kuše činí 150 liber (přibližně 70 kg). Kuše je vybavena optickými mířidly, gumovými dorazy pro zachycení tětiny, nášlapným třmenem, patentovaným spouštěcím a pojistným mechanismem, zabráňujícím střelbě bez vloženého šípu. [74]



Obr. 18.: Reverzní kuše Vengeance APG [74].



Kanadská firma EXCALIBUR Crossbow, zaměřující se na výrobu loveckých kuší s tradičním reflexním lučištěm, představila kuši s názvem TWINSTRIKE (obr. 19.). Tato moderní lovecká kuše specifické konstrukce díky dvojici reflexních lučišť upevněných na kříži umožňuje vystřelit až dvě šípové střely. [75]



*Obr. 19.: Reflexní kuše TWINSTRIKE [75].*

Od firmy Beast Hunter, zabývající se výrobou a distribucí potřeb pro střelbu z luku a kuše, je i následující kuše s názvem Aligator TCS1 (obr. 20.). Jedná se o pistolovou kuši s reflexním lučištěm a integrovaným napínacím systémem. Napnutí probíhá zalomením pažby, jenž je připevněna ke spodní části rukojeti. Tímto pohybem dochází k napnutí tětiny až do oblasti spouštěcího mechanismu. Síla potřebná k napnutí této malé pistolové kuše činí 80 liber (přibližně 35 kg). [76]



*Obr. 20.: Pistolová kuše Aligator TCS1 [76].*

Poslední příklad lovecké kuše s názvem R29X Crossbow (obr. 21.) pochází od americké firmy RAVIN. Jedná se o loveckou kuši kladkové konstrukce. Díky specificky tvarovanému kladkovému systému a čtveřici kompozitních ramen upevněných na pevném kříži, činí šířka v nataženém stavu přibližně 22 cm. Vlastní integrovaný napínací systém, jenž je patentován společností RAVIN, umožňuje vysunutí celého spouštěcího a pojistného mechanismu ve vodících lištách až k těživě, kde ji zachytí a následně se přitáhne zpět do výchozí polohy. [77]



Obr. 21.: Kladková kuše R29X [77].

### 3.5. Vlastní návrh konstrukce

Při návrhu prototypu lovecké kuše byl kladen důraz především na její funkčnost, s ohledem na předpoklady, které by lovecká kuš měla splňovat. Aby bylo možné kuši využít k lovu musí být uzpůsobena k akumulaci velkého množství energie, kterou je schopna předat vystřelené šípové střele. Tento šíp musí dosahovat vysoké rychlosti a průbojnosti, jelikož musí být schopen zasáhnout a humánně usmrtit lovenou zvěř v co nejkratším časovém úseku, aby bylo utrpení lovené zvěře co nejmenší. Dále je velmi podstatná dostatečná přesnost lovecké kuše, která eliminuje případné chyby při zásahu. V neposlední řadě je nutná její spolehlivost a odolnost proti nepříznivým vlivům okolního prostředí, ve kterém lovecká kuš může být používána.

Prototyp lovecké kuše byl navržen kladkové konstrukce, kvůli výhodným vlastnostem, které přináší využití kladkového systému.

Z důvodů snazšího vzájemného ustavení a symetričnosti jednotlivých stran lučiště, bylo zvoleno jednodílné, vyrobené z oceli s vysokou mezí kluzu. Na koncích obou ramen lučiště bude vytvořena drážka umožňující funkci kladkového systému. Upnutí lučiště k tělu kuše bude realizováno za pomoci dvojice upínacích profilů, které budou za pomoci šroubů pevně uchyceny k ocelovému lučišti a taktéž k samotnému tělu kuše. Mezi ocelovým lučištěm a upínacími profily bude umístěna pryžová vložka snižující vibrace vytvořené při výstřelu.

Tělo kuše bylo navrženo celodřevěné s pevnou pažbou. V přední části těla se nachází otvory pro upínací šrouby lučiště a také zde bude umístěna průchozí drážka pro vedení lanového systému, který je u kladkových kuší nutností. Kvůli zvýšení bezpečnosti

výsledného prototypu lovecké kuše bude předpažbí výrazně rozšířené a bude tak chránit proti případnému kontaktu prstů ruky s uvolněnou tětivou. V horní části těla kuše bude vytvořena vodící drážka pro šípovou střelu, vedle níž budou umístěny dvě lišty z hliníkové slitiny, které budou snižovat tření mezi tělem kuše a pohybující se tětivou a taktéž budou snižovat její opotřebení. Za vodící drážkou bude vytvořen otvor pro vyjímatelný pojistný mechanismus, který bude do těla kuše připevněn pomocí čtveřice metrických šroubů se zápusťnou kuželovou hlavou. Zadní část těla kuše bude tvořit pažba amerického typu, která bude taktéž dřevěná a bude současně tvořit i rukojeť kuše. Z důvodů zvýšení odolnosti a životnosti dřevěného těla kuše bude jeho povrch navoskován.

Kladkový systém bude využívat čtyř kladek, rozmístěných po dvojicích na pravé a levé straně. Z důvodů zlepšení charakteristik kuše budou speciálně tvarované. Návrhem jejich tvaru spolu s tvorbou 3D modelu se bude zabývat jedna z následujících částí diplomové práce (kapitola 3.5.1). Jednotlivé dvojice kladek budou tvořeny jednou větší horní kladkou a jednou menší spodní kladkou, tyto kladky budou spojeny za pomoci trojice šroubů M5 se zápusťnou kuželovou hlavou. Na čelní ploše každé z kladek je vytvořen otvor a s ním soustředná kruhová kapsa ve které je uloženo radiální ložisko snižující tření při rotaci dvojice kladek okolo upínacího čepu. Upnutí dvojice kladek k ocelovému lučisti bude zprostředkováno za pomoci již zmíněného upínacího čepu a dvojice upínacích kostek, které budou přišroubovány k ramenu lučisti. Do těchto kostek bude nasunut čep, jenž bude zafixován třmenovým pojistným kroužkem pro hřídel o průměru 8 mm. Poloha kladek vymezí na čepu dvojice vymezovacích kroužků. Tětiva a lanový systém bude k ramenům a jednotlivým kladkám upevněn s využitím válcových kroužků s rádiusovým zápichem a jejich vedení bude zprostředkovávat vyduť rádiusová drážka na obvodu jednotlivých kladek.

Spouštěcí a pojistný mechanismus byl navržen jako vyjímatelný komponent, kterou bude možné v případě závady nebo pravidelné údržby vyjmout a kompletně rozebrat na jednotlivé dílčí součásti. Obal mechanismu bude tvořen skříní a víkem, jenž budou k sobě pevně přišroubovány třemi šrouby se zápusťnou kuželovou hlavou. Kvůli redukci hmotnosti a nižším požadavkům na pevnost bude skříň a krytka vyrobena z hliníkové slitiny. Dalšími komponenty jsou háček a spoušť. Tyto dva díly budou zajišťovat zachycení a následné uvolnění napnuté tětiny v požadovanou chvíli. Háček a spoušť budou uloženy v obalu mechanismu za pomoci čepů, okolo kterých bude umožněn jejich otáčivý pohyb. Zajištění spouštěcího mechanismu proti výstřelu bude realizováno za pomoci mechanického dorazu, jenž bude spoušti bránit v pohybu a tím zamezí výstřelu. Z důvodů usnadnění manipulace s touto mechanickou pojistkou bude umístěna na vnější straně obalu, ke kterému bude připevněna za pomoci šroubu a pružné pérové podložky. Samotné zajištění kuše bude probíhat přes otvor ve krytce, přes který bude procházet rameno pojistky. Z důvodu vyšších nároků na pevnost bude háček, spoušť i pojistka vyroben z oceli. V horní části skříně spouštěcího mechanismu bude za pomoci dvojice šroubů připevněna přitlačná pružina, která tlačí na založený šíp ve vodící drážce a tím brání jeho vypaďnutí při pohybu s kuší.

Přesnější popis tvaru hlavních komponentů spouštěcího a pojistného mechanismu spolu s představením jeho funkce a tvorbou 3D modelu se bude zabývat následující část diplomové práce (kapitola 3.5.2.).

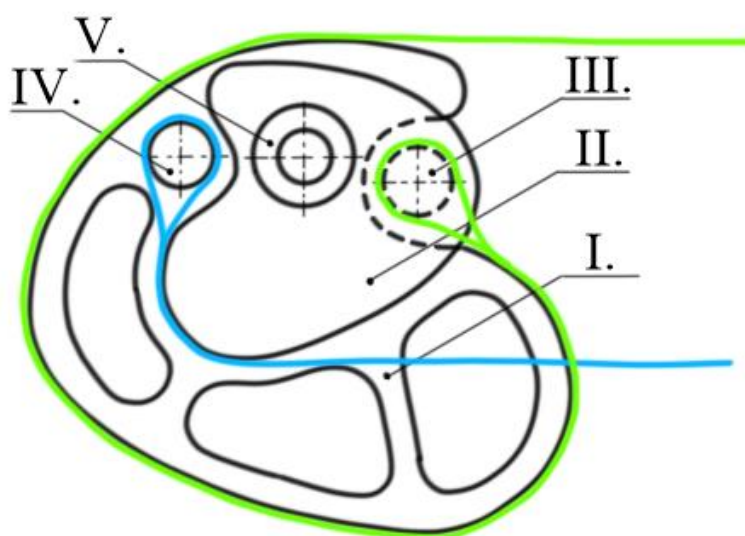
Tětiva a lanový systém budou vytvořeny z 24 středových vláken s obchodním názvem Dacron B55, od firmy BCY. Omotávka bude tvořena nylonovým vláknem od téže firmy.

Pro usnadnění napínání tětiny a nabíjení kuše bude k přední části těla připevněn nášlapný třmen. Za pomoci tohoto třmenu bude kuše přišlápnuuta k zemi při natahování tětiny.

### 3.5.1. Návrh tvaru kladek a tvorba 3D modelu

Návrh tvaru jednotlivých kladek byl proveden vzhledem k požadavkům upravení výsledného průběhu síly nátahu v závislosti na dráze, po které bude nátaž uskutečněn. Pro zvětšení dráhy nátahu bylo využito principu volné kladky, čímž bylo docíleno prodloužení dráhy ale také snížení potřebné síly, avšak použití principu volné kladky nijak nemění charakter již zmíněného průběhu. Z tohoto důvodu bylo dále využito principu jednozvrtné páky.

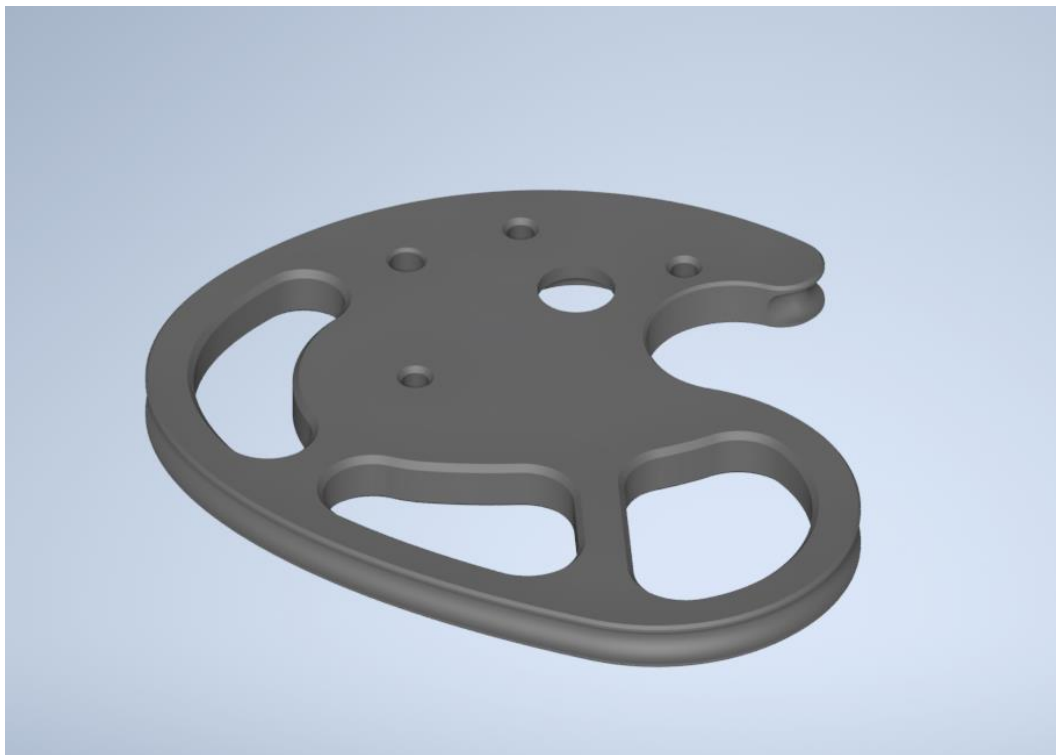
Na obrázku níže je znázorněn prvotní návrh tvaru dvojice kladek (obr. 22.), u kterých je využito již zmíněných základních fyzikálních principů. Tvar a vzájemné ustavení velké kladky (I.) a malé kladky (II.) spolu s polohou jejich bodu otáčení (V.) upravuje charakter výsledné závislosti. Kladky jsou znázorněny v prvotní, vystřelené, poloze. Tětiva, na obrázku znázorněná zelenou barvou, je uchycena na válcovém kroužku malé kladky (III.) a je vedena ke druhému rameni k další velké kladce. Lanový systém, znázorněn modrou barvou, je veden od válcového kroužku velké kladky (IV.) směrem k druhému rameni, kde je k tomuto rameni pevně upnut. V průběhu natahování se dvojice kladek otáčí ve směru pohybu hodinových ručiček. Tětiva se z velké kladky odvíjí a lanový systém se během nátahu nabaluje na malou kladku. Během tohoto pohybu se mění vzdálenosti ramen pomyslné páky, konkrétně tedy tečné vzdálenosti mezi jednotlivými lany a středem rotace. Ve znázorněné prvotní poloze je vzdálenost od středu rotace k tečnému dotyku tětiny a velké kladky poloviční, oproti vzdálenosti od tečného dotyku lanového systému a malé kladky k totožnému středu rotace. Tedy síla vyvinutá střelcem během nátahu působí na polovičním rameni než síla vyvinutá pružnou deformací lučiště a tím je docíleno zvýšení potřebné síly v prvotním okamžiku, kde je síla od lučiště bez použití kladek relativně nízká. Během rotace kladek se poměr mezi jednotlivými rameny průběžně mění až do poslední fáze, kde síla od natahujícího střelce působí na daleko větším rameni než síla vyvinutá lučištěm, a tedy potřebná síla k dotažení poslední fáze nátahu je podstatně menší.



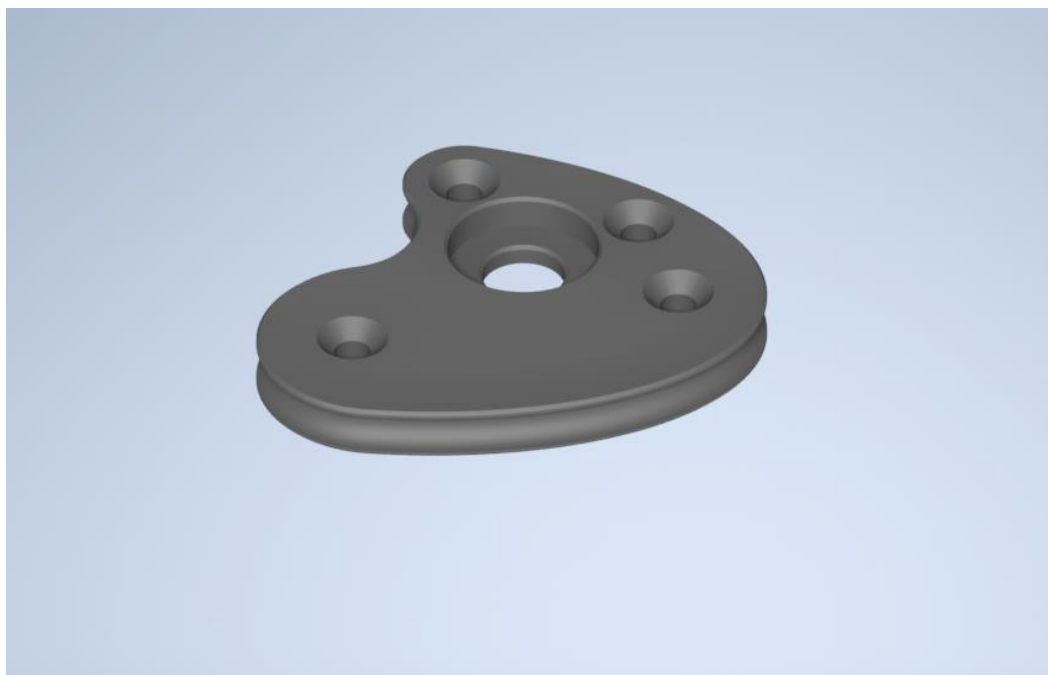
Obr. 22.: Prvotní návrh tvaru a vzájemného umístění kladek.

Dle již zmíněného prvotního návrhu tvaru kladek byl vytvořen 3D model kladkového systému v CAD softwaru, konkrétně ve studentské verzi softwaru Inventor Professional 2021 od firmy Autodesk, jenž umožňuje parametrické modelování ve 3D.

Tvar finální tvar velké a malé kladky je znázorněn na (obr. 23.) a (obr. 24.).

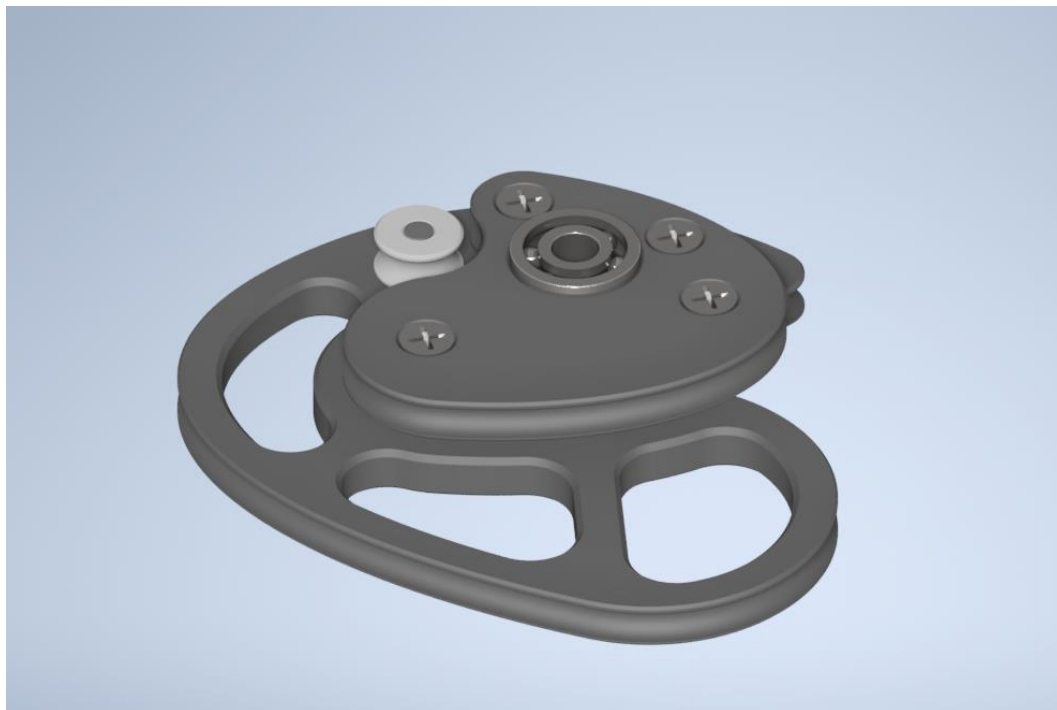


*Obr. 23.: 3D model tvaru velké kladky.*

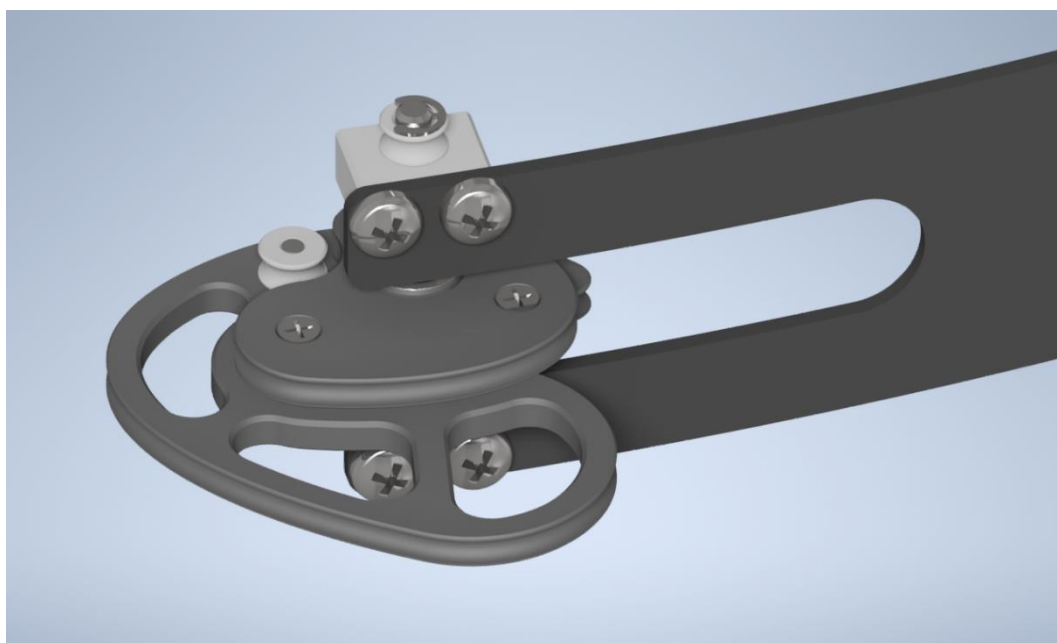


*Obr. 24.: 3D model tvaru malé kladky.*

Sestava obou kladek spolu s upínacími kroužky pro tětívu pak na (obr. 25.), a kompletní kladkový systém připevněný k rameni lučiště na (obr. 26.).



*Obr. 25.: 3D model sestavy kladek s upínacími kroužky a ložisky.*



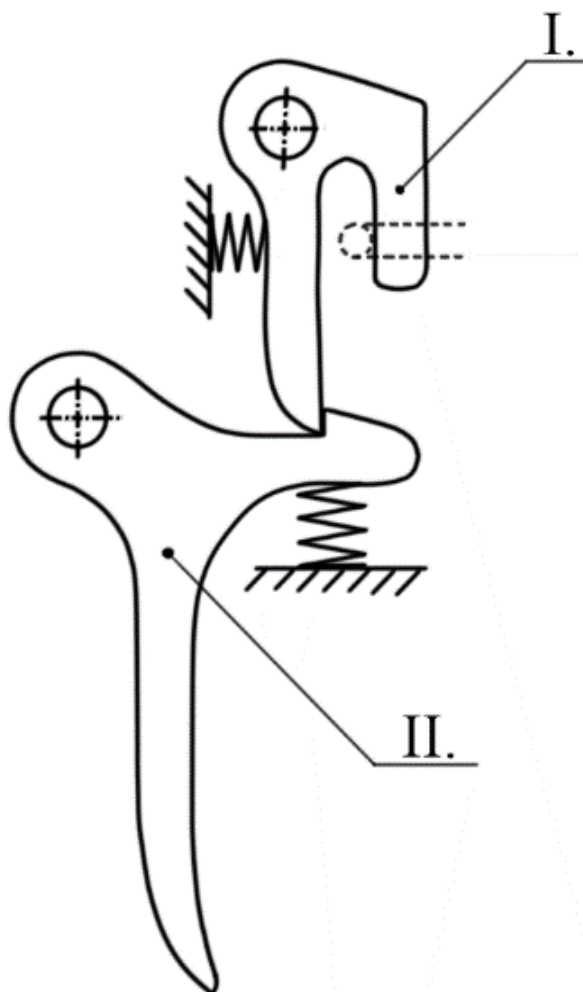
*Obr. 26.: 3D model kompletní sestavy kladkového systému.*



### 3.5.2. Návrh tvaru spouštěcího a pojistného mechanismu a tvorba 3D modelu

Návrh tvaru jednotlivých komponentů spouštěcího a pojistného mechanismu proběhl vzhledem ke snaze vytvořit jednoduchý a funkční systém, který by spolehlivě plnil požadovanou funkci.

Prvotní návrh (obr. 27.) znázorňuje navrhovaný princip funkce dvou základních komponentů mechanismu, a to konkrétně háčku (I.) a spouště (II.). Obrázek je nakreslen v okamžiku, kdy je kuše napnutá a připravena k výstřelu. Ten je zprostředkován za pomoci pohybu spouště směrem doleva, tím dochází k jeho rotaci a uvolnění zachyceného háčku. Háček je díky síle vyvinuté deformaci lučistiště otevřen a otáčí se okolo čepu v protisměru pohybu hodinových ručiček. Tímto dochází k uvolnění tětiny, která je v nepřetržitém kontaktu s tělem kuše. V uvolněném stavu je háček díky pružině, jenž tlačí na jeho zadní stranu, stále v otevřené pozici. Při natažení tětiny působí síla od natahující se tětiny do zadní strany háčku, tím dochází ke stlačení pružiny a také k rotaci háčku ve směru hodinových ručiček. V okamžiku, kdy dochází ke kontaktu mezi háčkem a zkosenou plochou spouště, je tato spoušť stlačena směrem dolů. Při překročení horní hrany zkosené plochy spouště, je spoušť díky pružině, uložené ve spodní části, posunuta směrem k háčku a tím dochází k jeho zachycení a k připravení kuše ke střelbě.



Obr.27.: Prvotní návrh spouštěcího mechanismu.

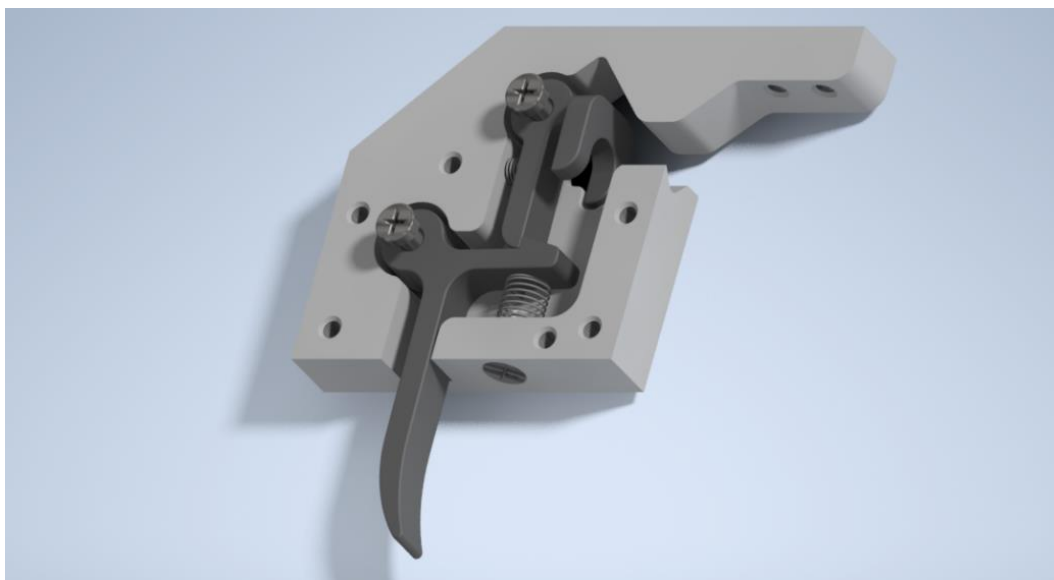
Na základě tohoto prvotního návrhu byly vytvořeny 3D modely jednotlivých komponentů spouštěcího mechanismu (obr. 28.). Tyto modely byly vytvořeny v totožném softwaru Autodesk Inventor Professional 2021 jakož tomu bylo u 3D modelů kladkového systému.



*Obr. 28.: 3D model vnitřních komponentů.*

Otvor v čelní ploše háčku umožňuje zasunutí šípů až k napnuté těživě. Při následném vystřelení je vypuštěná těživa v nepřetržitém kontaktu s vystřeleným šípem, což má kladný vliv na výslednou přesnost navrhovaného prototypu.

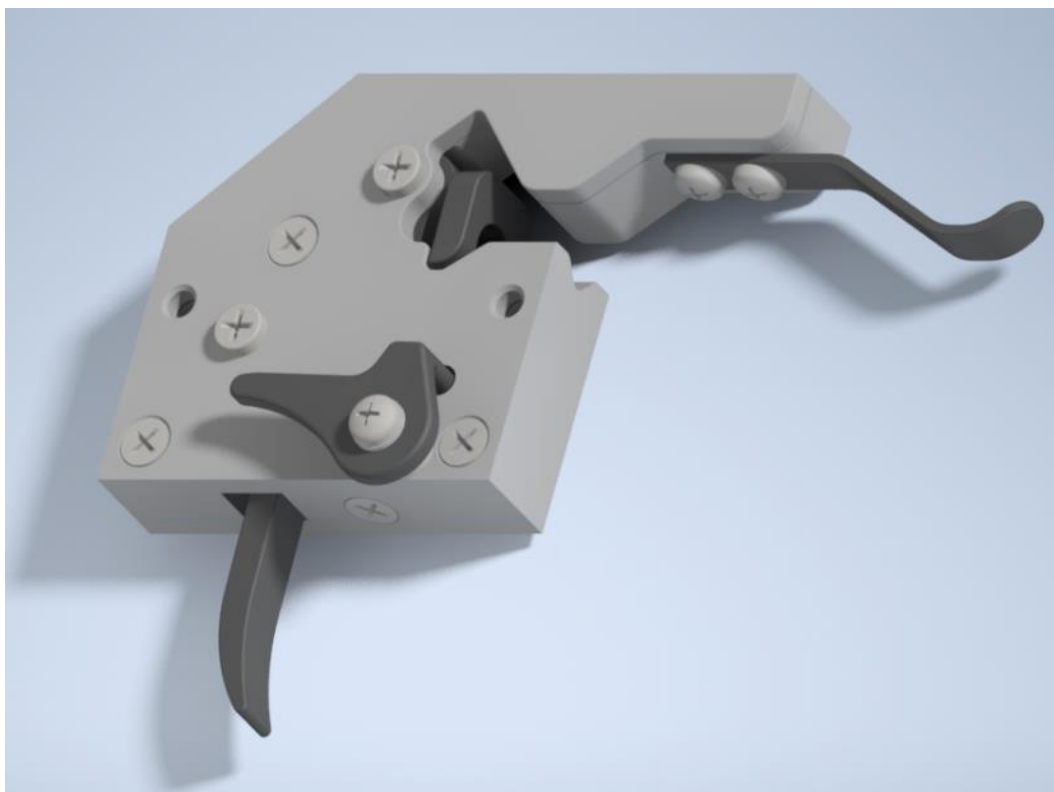
Uložení hlavních komponentů ve skříni spoušťového mechanismu je znázorněno na (obr. 29.)



*Obr. 29.: 3D model uložení vnitřních komponentů ve skříni.*



Znázornění kompletní sestavy spouštěcího a pojistného mechanismu je na (obr. 30.).



Obr. 30.: 3D model kompletní sestavy spouštěcího a pojistného mechanismu.

### 3.5.3. Volba materiálů

V této podkapitole bude popsána volba materiálů, jenž budou použity pro výrobu.

#### Materiál lučiště

Pro výrobu lučiště navrhovaného prototypu lovecké kuše byla zvolena ocel s chemickým složením (tab. 1.) a s označením dle ČSN EN 54SiCr6, jenž je obdobou materiálu dle starší ČSN ocel třídy 14 260. Jedná se o ocel vhodnou pro více namáhané pružiny, používané zvláště pro automobily a železniční vozy. V některých případech je tento materiál využíván i pro výrobu čepelí nožů.

Minimální hodnota meze kluzu u této oceli dosahuje hodnot okolo 1 200 MPa, a hodnoty meze pevnosti v tahu se pohybují okolo 1 500 MPa. Z důvodů vysokých hodnot meze v kluzu je tento materiál vhodný pro výrobu lučiště, které musí být schopno velkých elastických deformací. [78]

Tab. 1.: Chemické složení oceli 54SiCr6 [78]:

	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S	ostatní
chemické složení v %	0,50 až 0,60	0,50 až 0,80	1,30 až 1,60	0,50 až 0,70	max. 0,50	max 0,30	max 0,035	max 0,035	zbytek

### Materiál těla kuše

Jako materiál těla kuše bude použito dubové dřevo, konkrétně z dubu letního, také zvaného jako křemelák nebo latinsky jako *Quercus robur*. Jedná se o původní stredo-evropskou dřevinu, patřící na naše území již od pradávna.

Duby dorůstají obrovských rozměrů, jejich výška dosahuje až 45 metrů. Korunu mívají mohutnou a silně rozvětvenou. Dubová kůra je šedohnědého zbarvení, u starších stromů velmi členitá. Mýtné stáří dubů často přesahuje sto let, avšak v přívětivých podmínkách se dožívají mnohem déle. Věk nejstarších dubů se odhaduje okolo tisíce let. [79]

Dubové dřevo je velmi kvalitním materiálem. Nažloutlá běla je úzká a méně kvalitní, většinou se nezpracovává a bývá odstraněna, často je napadena houbami a hmyzem. Dubové jádro je hnědé až tmavohnědé, vyznačuje se nejen vysokou pevností a tvrdostí, ale také výbornou houževnatostí, trvanlivostí, odolností vůči vlhkosti a povětrnostním podmínkám, a v neposlední řadě dobrou obrobitelností. [80]

Díky svým výborným vlastnostem bylo a stále je dubové dřevo oblíbeným materiálem používaným pro velký sortiment dřevěných výrobků. V minulosti bylo využíváno například pro stavbu lodí, mlýnských kol, ale i také pro výrobu toporů, dřevěných nástrojů a nábytku. V dnešní době se používá především pro výrobu nábytku, pro kterou se využívá ve formě masivu ale i ve formě tenkých dýh. Často ho využívají řezbáři a jiní umělci pro svá díla. [81]

### Materiál kladek, skříně a víka spouštěcího mechanismu

Pro výrobu kladek, skříně a víka spouštěcího mechanismu bude použita slitina hliníku na bázi hořčíku a křemíku s číselným značením dle normy EN AW 6060 (AlMgSi0,5) obdoba materiálu dle starší české normy ČSN 42 4401.

Jedná se o precipitačně vytvrditelnou slitinu s chemickým složením (tab. 2.), která se vyznačuje dobrou odolností proti korozi, dobrou svařitelností a také i dobrou obrobitelností. Použitá hliníková slitina bude po tepelném zpracování s označením dle normy T6, jedná se o rozpouštěcí žíhání a umělé stárnutí. Takto zpracovaná slitina dosahuje minimální hodnoty pevnosti v tahu 215 N/mm<sup>2</sup>, dále minimální hodnoty smluvní meze kluzu 160 N/mm<sup>2</sup> a hodnoty tvrdosti 70 HB. Tento materiál je často využíván pro stavbu lodí ale také i pro hliníkové konstrukce všeobecného použití. [82, 83, 84]

Tab. 2.: Chemické složení hliníkové slitiny AlMgSi0,5 [83]:

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	ostatní	Al
chemické složení v %	0,30 až 0,60	0,10 až 0,30	max 0,10	max 0,1	0,35 až 0,60	max 0,05	max 0,15	max 0,1	max 0,15	zbytek

### Materiál ostatních konstrukčních prvků

Pro výrobu vnitřních komponentů spouštěcího a pojistného mechanismu byla navržena ocel. Z důvodů vyšších pevnostních požadavků kladených na jednotlivé komponenty nebylo možné využití materiálu na bázi hliníkové slitiny.

Obdobně jako i u dalších součástí navrhovaného prototypu, u kterých vyšší hodnoty pevnosti materiálu jsou nutností. Jedná se zejména o upínací kostky a upínací čepy, které slouží k upevnění dvojice kladek k jednotlivým ramenům lučiště. Dále také upínací profily, jež zajišťují pevné upnutí lučiště k dřevěnému tělu kuše.

Pro tyto zmíněné komponenty byl navržen materiál ve formě nelegované konstrukční oceli obvyklých jakostí s označením dle ČSN EN S235JR, jenž je obdobou oceli třídy 11 375 dle starší normy ČSN. Chemické složení této oceli je uvedeno v (tab. 3.)

Jedná se o konstrukční ocel s dobrou svařitelností. Pevnost v tahu této oceli dosahuje hodnot v rozmezí 340 až 470 MPa a hodnoty meze kluzu jsou nejméně 220 MPa. Ocel je vhodná pro jednoduché, mírně namáhané součásti, profily a konstrukce s využitím do 300 °C, namáhané staticky a mírně dynamicky. [85, 86]

Tab. 3.: Chemické složení oceli S235JR [85]:

	C	P	S	N	ostatní
chemické složení v %	max 0,17	max 0,045	max 0,045	max 0,009	zbytek

## 4. STANOVENÍ DAT PRO TECHNOLOGICKÝ PROCES

Obsahem této části diplomové práce bude stanovení potřebných dat pro sestavení technologických procesů výroby lovecké kuše, jakožto souhrnu činností, navržených tak, aby jejich výsledek vedl k výrobě funkčního prototypu. [87]

Výstupem této kapitoly bude vytvoření technologických postupů popisujících výrobu jednotlivých komponentů prototypu, které budou seskupeny dle hlavních částí výrobku a budou uvedeny v příloze této práce.

### 4.1. Posouzení vyrobiteľnosti z technologického hlediska

Jedná se o výrobu prototypu v počtu jednoho kusu na strojích v již zavedené dílně. Samotný prototyp je komplexního charakteru, jenž obsahuje řadu odlišných součástí, vyžadujících použití specifických výrobních technologií.

Finální výrobek lze rozdělit na několika částí, které budou v závěru výroby sestaveny v jeden funkční celek.

- **Lučičtě**

Ocelové lučičtě je tvořeno tvrdým a hůře obrobiteľným materiálem, polotovar musí být zakrácen a v jeho krajních částech je nutné vytvořit dvojici drážek pro kladkový systém. Kvůli horší obrobiteľnosti bude použita úhlová bruska s řezacími kotouči. Z důvodů vyšších požadavků na kvalitu povrchu bude do technologického postupu zařazena technologie broušení s využitím pásové brusky. Dále se na součásti nachází čtveřice děr o průměru 8 mm, jenž vyžadují vrtací operace. Při práci nesmí být překročena popouštěcí teplota materiálu, přibližně 400 °C, při níž by mohlo dojít ke ztrátě požadovaných vlastností.

- **Tělo kuše**

Nejrozměrnější částí prototypu lovecké kuše je právě tělo kuše. Jeho materiálem bylo zvoleno dubové dřevo, z tohoto důvodu budou nutné při výrobě použít technologie pro zpracování dřeva. Z důvodů potřeby vysoké houževnatosti a stability bude samotné tělo vytvořeno ze dvou částí, jež budou k sobě přilepeny za pomoci vodovzdorného disperzního lepidla PVAC určeného pro dřevo. Před lepením budou jednotlivé části vyrobené z dubových hranolů, jejich lepené kontaktní plochy budou zarovnané a budou na nich vytvořeny potřebné otvory pro vyjímatelný spouštěcí a pojistný mechanismus spolu s vodicími drážkami pro šípovou střelu. Po slepení jednotlivých částí a následném vytvrzení lepidla, bude tělo kuše vybroušeno do požadovaného tvaru a jeho povrch bude navoskovan.

- **Kladkový systém**

Kladkový systém obsahuje mimo jiné dvojici malých a dvojici velkých kladek. Materiálem pro výrobu těchto kladek byla zvolena hliníková slitina s označením dle normy EN AW 6060, která se vyznačuje dobrou obrobiteľností. Každá z kladek obsahuje průchozí díru o průměru 12 mm, jenž je soustředná s kruhovou kapsou pro následné nalisování radiálního ložiska. Hloubka kapsy bude činit 5 mm a průměr 27 mm s tolerancí P9. Na menších kladkách se nachází čtyři průchozí díry o průměru 5 mm s válcovým zahloubením pro hlavu metrického šroubu M5 s kuželovou hlavou. Oproti tomu větší kladky obsahují obdobnou díru o průměru 5 mm pouze jednu, avšak obsahují také další tři průchozí díry se závitem M5 a trojici průchozích odlehčujících tvarových kapes. Složitý tvar kladek spolu

s požadavkem na přesnost vzájemného umístění jednotlivých děr bude vyžadovat frézovací a vrtací strategie s využitím frézovacího stroje s CNC řízení. Obvod jednotlivých kapes je tvořen rádiusovou drážkou, jenž bude vytvořená za pomoci dodatečných zámečnických operací.

Dalšími komponenty kladkového systému jsou válcové upínací kroužky s rádiusovým zápichem v první variantě vyrobené s průchozím středovým otvorem 8 mm a ve druhé variantě vytvořené s průchozí středovou dírou se závitem M5. A také válcový upínací čep obsahující dvojici zápichů pro třmenové pojistné kroužky. Dle rotačního charakteru těchto součástí bude nutné použít technologii soustružení.

Upínací kostka, sloužící k upevnění dvojice kladek k jednotlivým ramenům obsahuje dvě průchozí díry se závitem M6 a jednu průchozí díru o průměru 8 mm. Pro výrobu těchto upínacích kostek bude nutné využít vrtací operace spolu se zámečnickými.

- **Spouštěcí a pojistný mechanismus**

Spouštěcí a pojistný mechanismus obsahuje řadu tvarově odlišných komponentů.

Skříň a víko mechanismu obsahují průchozí i neprůchozí vybrání, které pro svoji výrobu vyžadují využití technologie frézování. Dále obsahují řadu děr různých průměrů, pro jejichž zajištění výroby je nutná vrtací technologie. Některé, z již zmíněných děr jsou opatřeny metrickými závity a kuželovým zahloubením pro hlavy šroubů, pro jejichž výrobu bude nutné do výrobního procesu zařadit zámečnické operace.

Ostatní komponenty spouštěcího a pojistného mechanismu jsou velmi tvarově odlišné. Avšak každá z nich vyžaduje pro svoji výrobu vrtací, brousící a následné zámečnické operace.

- **Tětiva a lanový systém**

Pro výrobu tětivy a ostatních lan bude nutné vytvoření přípravku napomáhající napínání tětivy během její výroby a taktéž vytvoření přípravku pro utahování omotávky.

I přes velké množství odlišných součástí je celý prototyp z technologického hlediska vyrobitelný bez větších problémů.

## **4.2. Volba polotovarů**

Volba polotovarů potřebných pro výrobu prototypu lovecké kuše byla provedena vzhledem k navrženým druhům materiálů a celkové dostupnosti. Z důvodů lepší dostupnosti byly veškeré polotovary dodány ve větších délkách a bude nutné do úvodních částí výrobních postupů zařadit operace dělení polotovarů. [88]

Zvolené polotovary pro jednotlivé vyráběné komponenty jsou rozděleny dle hlavních částí prototypu:

- **Lučistiště**

Polotovar pro výrobu lučistiště byl zvolen ve formě listové pružiny o šířce 70 mm, tloušťce 5 mm a délce 1 000 mm. Tento polotovar je již prohnut v potřebném tvaru a po tepelném zpracování, dodávající materiálu jeho výsledné mechanické vlastnosti.

- **Upínací profil**

Pro výrobu upínacích komponentů, jež budou zajišťovat pevné upnutí lučiště k tělu kuše, byl zvolen polotovar ve formě rovnoramenného profilu L z konstrukční oceli válcované za tepla dle normy ČSN EN 10056. Polotovar bude dodán o rozměrech šířky ramene 50 mm a tloušťky 5 mm, celková délka polotovaru činí 1 000 mm.

- **Tělo kuše**

Pro výrobu těla kuše byl zvolen polotovar ve formě dubových hranolů o rozměrech 50 x 200 mm a celkové délce 1 500 mm. Vnitřní vlhkost v materiálu dosahovala hodnot do 10 %.

- **Kladkový systém**

- **Kladky**

Jako polotovar potřebný pro výrobu jednotlivých kladek byla zvolena plochá tyč vyrobená z požadované hliníkové slitiny, která bude dodána v rozměrech 120 x 8 mm a v celkové délce 500 mm.

- **Upínací kostky**

Polotovar pro výrobu upínacích kostek byl zvolen ve formě ocelové ploché tyče válcované za tepla dle normy ČSN EN 10058, jež bude dodána v rozměrech 25 x 15 mm a celkové délce 1 000 mm.

- **Upínací čepy**

Upínací čepy budou vyráběny z polotvaru ve formě kruhové tyče tažené za studena dle normy ČSN EN 10278, která bude dodána v průměru 8 mm a celkové délce 1 000 mm.

- **Upínací kroužky**

Pro výrobu upínacích kroužků byl zvolen polotovar ve formě kruhové tyče válcované za tepla dle normy ČSN EN 10060, o průměru 20 mm a celkové délce 1 000 mm.

- **Spouštěcí a pojistný mechanismus**

- **Skříň**

Polotovar pro výrobu skříňe spouštěcího a pojistného mechanismu byl zvolen ve formě ploché tyče, vyrobené ze slitiny hliníku, o rozměrech 80 x 15 mm a celkové délce 120 mm.

- **Víko**

Víko mechanismu bude vyrobeno z navrhovaného polotovaru ve formě ploché tyče o rozměrech 120 x 5 mm a délce 80 mm.

- **Spoušť**

Polotovar pro výrobu spouště mechanismu byl zvolen ve formě ocelové ploché tyče válcované za tepla dle normy ČSN EN 10058. Materiál bude dodán v rozměrech 100 x 10 mm a celkové délce 1 000 mm.

- **Háček**

Pro výrobu háčku mechanismu byla zvolena ocelová plochá tyč válcovaná za tepla dle normy ČSN EN 10058, o rozměrech 30 x 20 mm a celkové délce 1 000 mm.

- **Pojistka**

Pojistka mechanismu byla vyrobena z totožného polotovaru, který byl navržen pro výroby upínacích profilů lučiště.

#### **4.3. Volba strojů**

Volba použitých strojů byla provedena vzhledem ke stávajícímu vybavení školní a domácí dílny, ve kterých bude výroba uskutečněna.

Seznam strojů potřebných k zajištění výroby je rozdělen dle hlavních částí vyráběného prototypu lovecké kuše:

- **Lučiště:**

- stojanová vrtačka – VS 20 A
- pásová bruska – Opti DBS 75
- úhlová bruska – Makita 125 mm
- pásová pila – PP 300 A

- **Tělo kuše:**

- srovnávací a tloušťkovací frézka – TOS UTS
- formátovací pila – ROBLAND
- horní frézka – Metabo
- spodní frézka – JAROMA
- stojanová vrtačka – VS 20 A
- vrtací dlabačka – TOS VPO
- pásová pila – TOS

- **Kladkový systém:**

- pásová pila – PP 300 A
- frézka s CNC řízením – FV 25 CNC A
- stojanová vrtačka – VS 20 A
- univerzální hrotový soustruh – SN 32

- **Spouštěcí a pojistný mechanismus:**

- frézka s CNC řízením – FV 25 CNC A
- pásová pila – PP 300 A
- stojanová vrtačka – VS 20 A
- úhlová bruska – Makita 125 mm

#### 4.4. Volba nástrojů

Volba nástrojů byla taktéž provedena vzhledem ke stávajícímu vybavení školní a domácí dílny.

Seznam použitých nástrojů dle hlavních částí prototypu:

- **Lučičtě:**
  - řezací kotouč – BOSCH – Ø 125 x 1
  - brousicí kotouč – BOSCH – Ø 125
  - brousicí pás – SAITEX LAX 75 x 1180 P80 až P240
  - šroubovitý vrták – Ø 8 mm, HSS Co
  - šroubovitý vrták – Ø 6,8 mm, HSS
  - šroubovitý vrták – Ø 6 mm, HSS Co
  - záhlubník – 45°, HSS
  - sada dílenských pilníků – AJAX
  - sada závitníků – M8, HSS
- **Tělo kuše:**
  - fréza válcová dvoubřitá na dřevo – Ø 8 mm, HSS
  - fréza srážecí 45° – s vedením, HSS
  - fréza kotoučová – Ø 120 mm, šířka 10 mm
  - vrták dlabací – Ø 20 mm, HSS
  - šroubovitý vrták – Ø 8 mm, HSS
  - šroubovitý vrták – Ø 6 mm, HSS
  - šroubovitý vrták – Ø 5 mm, HSS
  - brousicí papíry – 637 KEPR A96, P80 až P400
- **Kladkový systém:**
  - fréza válcová čelní – Ø 8 mm, HSS Co8
  - šroubovitý vrták – Ø 5 mm, HSS Co
  - šroubovitý vrták – Ø 4,2 mm, HSS Co
  - šroubovitý vrták – Ø 12 mm, HSS
  - vrták středící – typ A, Ø 2 mm, HSS
  - záhlubník – 45°, HSS
  - sada dílenských pilníků – AJAX
  - sada závitníků – M5, HSS
  - sada závitníků – M6, HSS



- soustružnický nůž ubírací – SK
- soustružnický nůž kopírovací – SK
- soustružnický nůž upichovací – SK
- **Spouštěcí a pojistný mechanismus:**
  - fréza válcová čelní – Ø 8 mm, HSS Co8
  - šroubovitý vrták – Ø 5 mm, HSS Co
  - šroubovitý vrták – Ø 4,2 mm, HSS Co
  - šroubovitý vrták – Ø 3,3 mm, HSS Co
  - záhlubník – 45°, HSS
  - sada dílenských pilníků – AJAX
  - sada závitníků – M5, HSS
  - sada závitníků – M4, HSS
  - řezný kotouč – BOSCH – Ø 125 x 1
  - brousicí kotouč – BOSCH – Ø 125

#### 4.5. Tvorba CNC programů

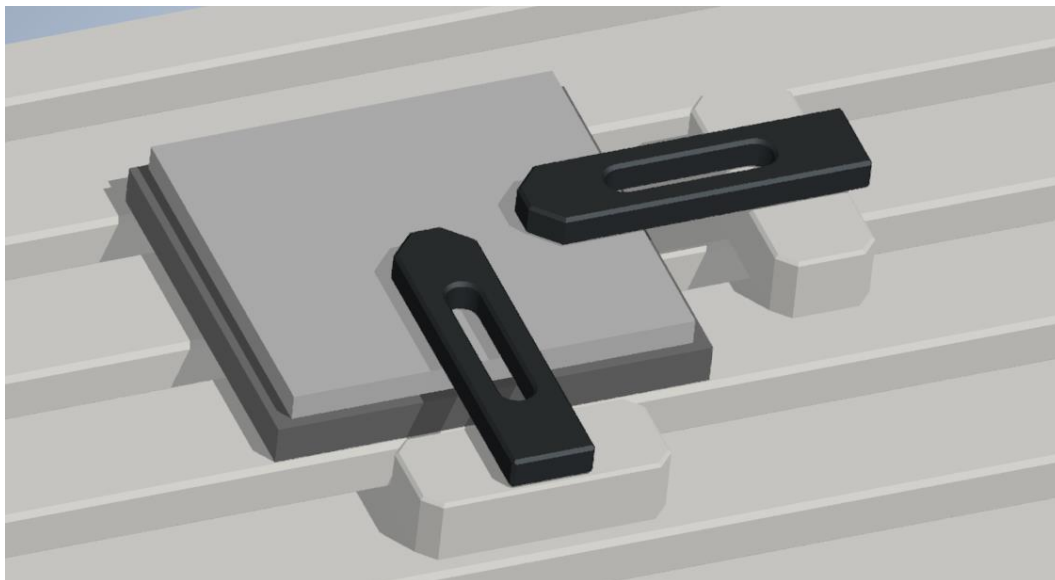
CNC programy pro jednotlivé komponenty byly vytvořeny za pomoci CAM softwaru s využitím 3D modelů daných součástí. Dráhy nástrojů byly vygenerovány ve studentské verzi softwaru Inventor Professional 2021 od firmy Autodesk s nastavbou Inventor HSM, která právě umožňuje generování těchto již zmíněných drah.

##### **Kladky**

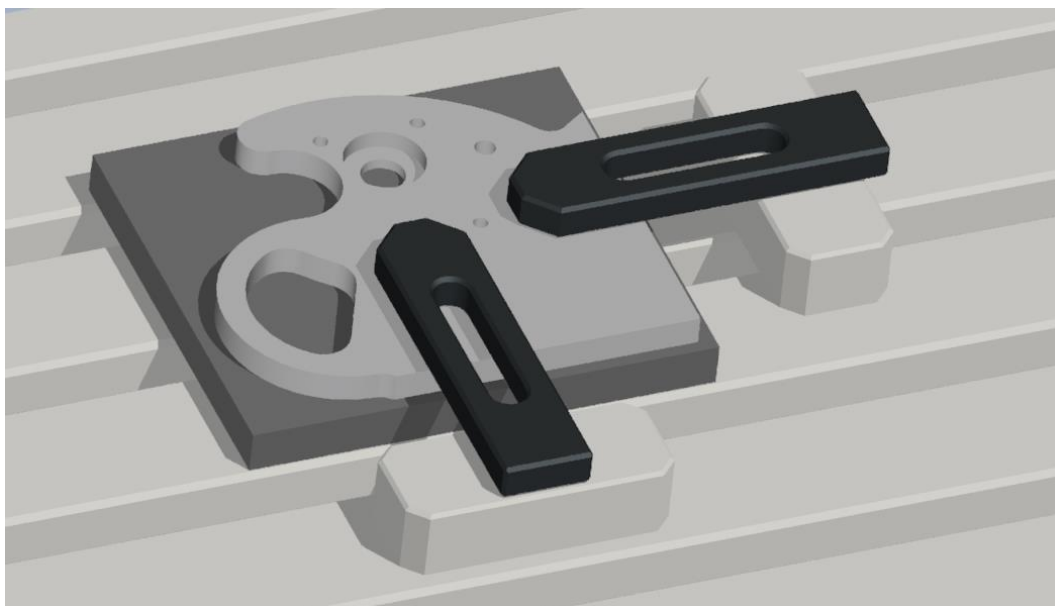
Vhodné upnutí obrobku do prostoru obráběcího stroje je nedílnou a velmi podstatnou součástí tvorby CNC programu a také i následné výroby na daném strojním zařízení.

V případě výroby jednotlivých kladek bude upnutí obrobku realizováno za pomoci podložky a skupiny upínek. Podložka umožní obrábění polotovaru v plné hloubce bez poškození strojního lože a upínky zajistí pevné a stabilní upnutí v průběhu obrábění. Využití upínek neumožní obrobení celé součásti na jedno upnutí. Z tohoto důvodu bude obrobena pouze část součástí, následně s využitím příkazu k pozastavení programu bude program přerušeno, upínky přesunuty do jiné pozice a následně bude obroben zbytek součástí.

Upnutí polotovaru velké kladky za pomoci upínek je znázorněno na (obr. 31.). Při tomto prvním upnutí budou obrobena část součásti (obr. 32.)

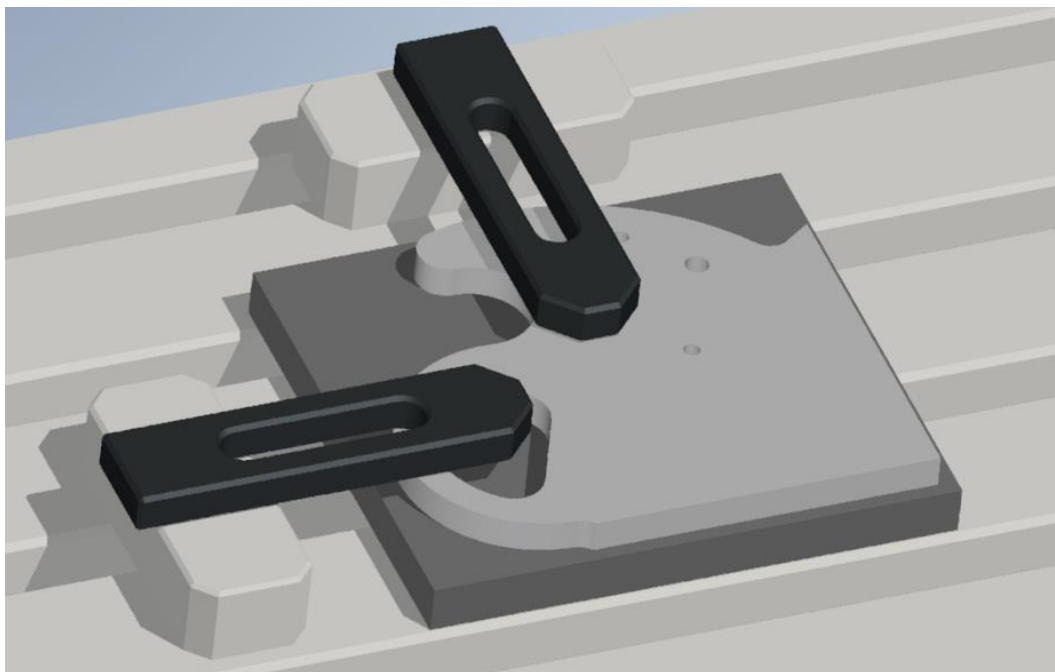


*Obr. 31.: 3D model upnutí polotovaru velké kladky.*

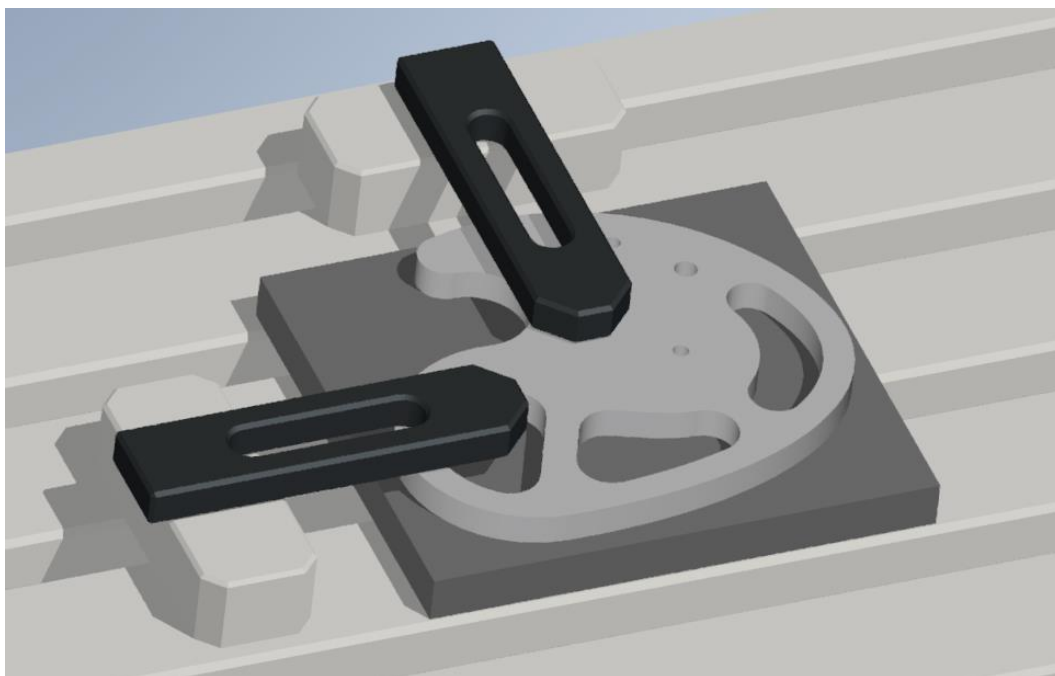


*Obr. 32.: 3D model obrobění první části.*

Po obrobení první části bude program pozastaven a upínky přesunuty do druhé pozice, (obr. 33.), ve které budou obrobena ostatní plochy součásti. Kompletně obrobena součást je znázorněna na (obr. 34).

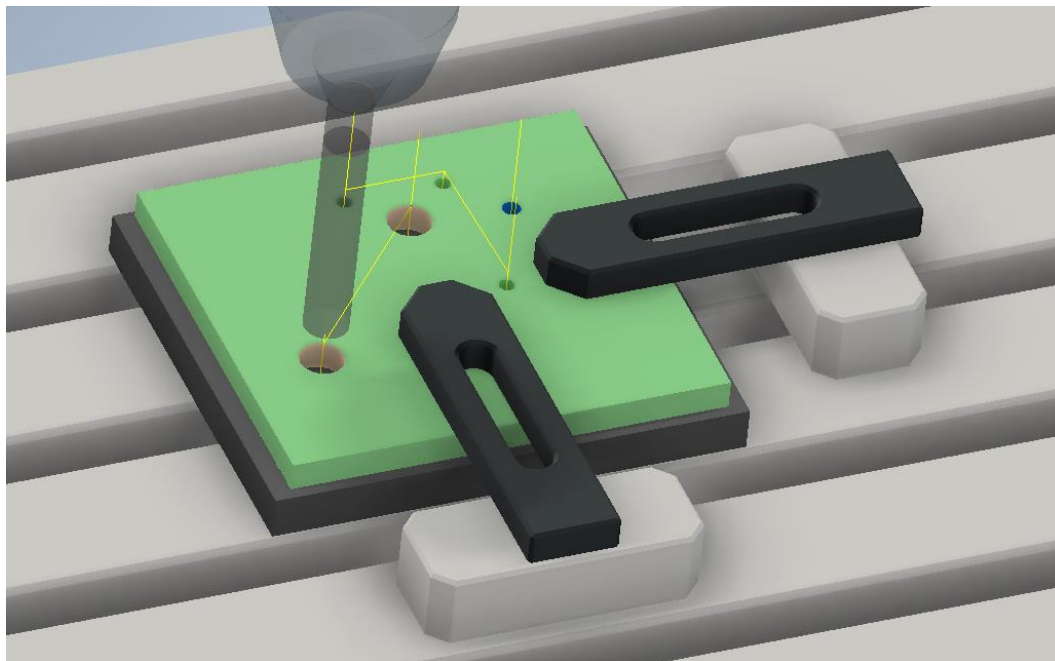


*Obr. 33.: 3D model upnutí polotovaru velké kladky ve druhé části.*



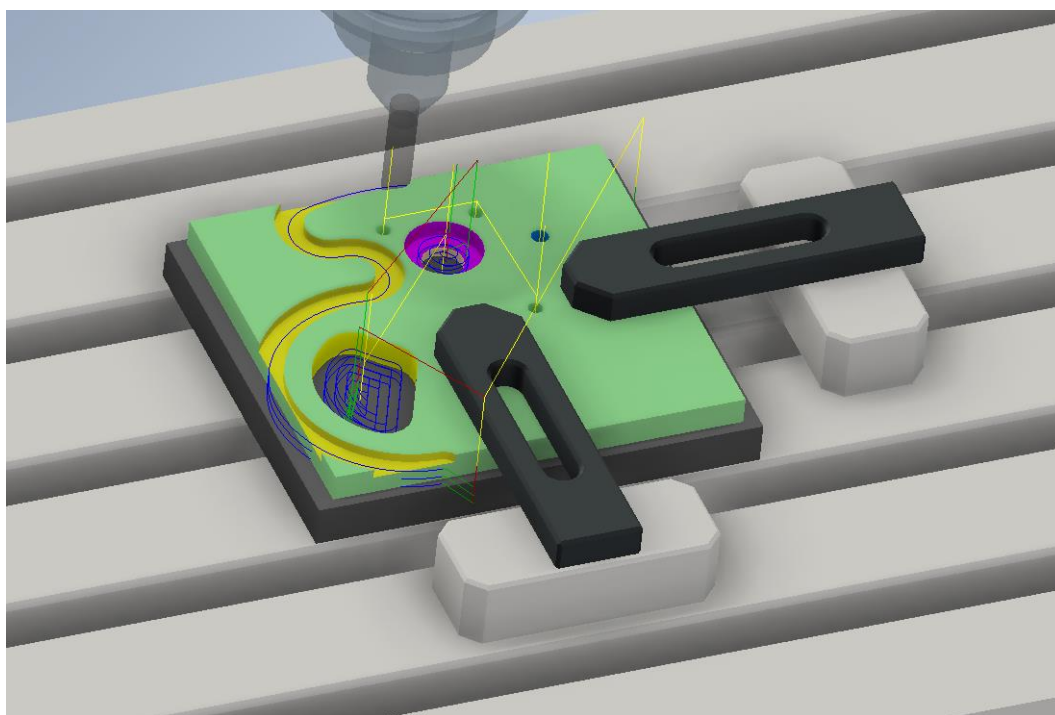
*Obr. 34.: 3D model obrobení druhé části.*

První tři vygenerované dráhy byly zaměřené na vrtací operace (obr. 35.). Jednalo se o vyvrtání tří děr o průměru 4,2 mm, dvou děr 12 mm a jedné díry 5 mm.



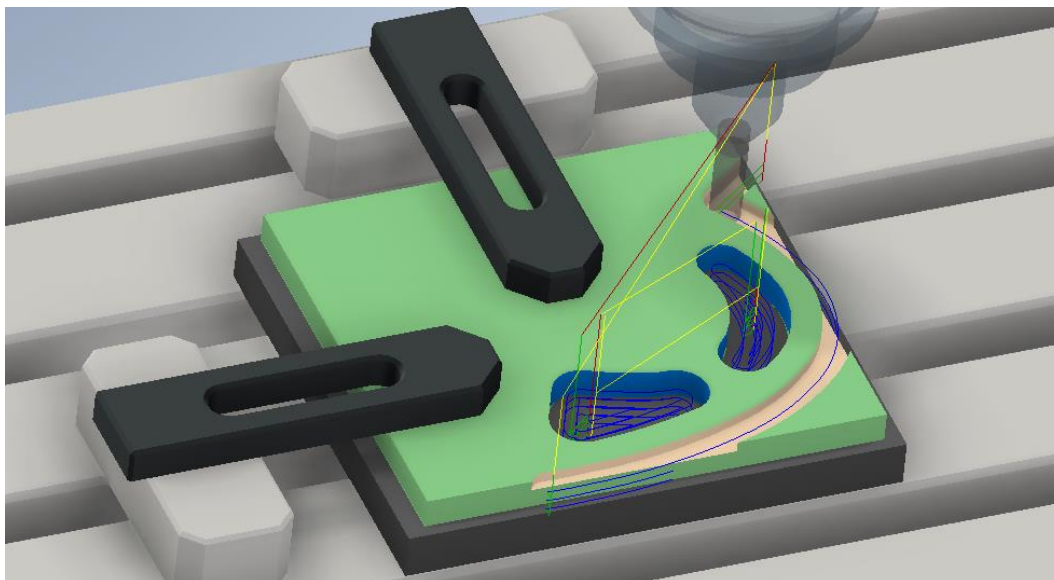
*Obr. 35.: Simulace prvních drah, velká kladka.*

Následující tři vygenerované dráhy byly frézovací operace (obr. 36.), při kterých byla vyfrézována kruhová kapsa pro ložisko, první odlehčovací kapsa a také část obrysu. V každém z těchto případů bylo využito předvrtaného otvoru o průměru 12 mm, popřípadě zajištění do řezu z boku obrobku, a tedy nástroj se do materiálu nezanořoval.



*Obr. 36.: Simulace dalších drah, velká kladka.*

Po přerušení programu a přemístění upínek, následovala vrtací operace jejíž cílem bylo vytvořit dvojici děr pro nadcházející frézování kapes. Posledními operacemi bylo již zmíněné frézování (obr. 37.), při kterém byl obroben zbytek součásti.

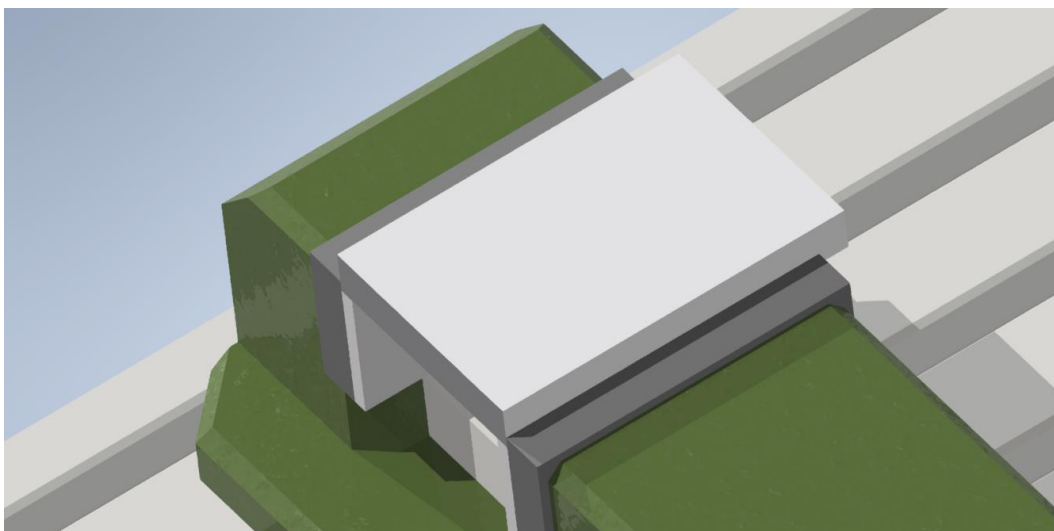


*Obr. 36.: Simulace závěrečných drah, velká kladka.*

Obdobné upnutí s využitím upínek a téměř totožný sled operací byl realizován i u výroby malé kladky.

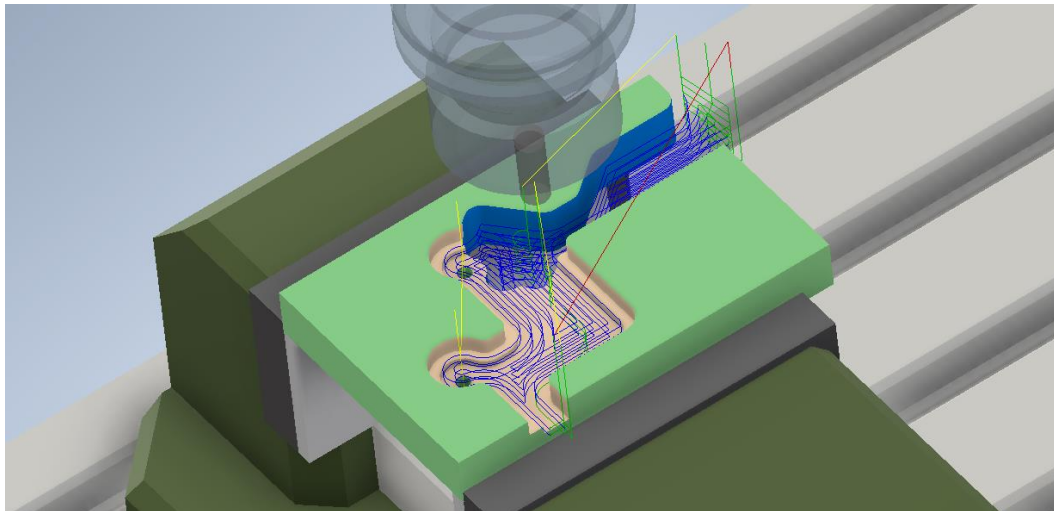
#### **Skříň a víko spouštěcího mechanismu**

Upnutí polotovaru pro výrobu skříně a víka mechanismu bude realizováno za pomoci strojního svěráku (obr. 37.), který bude upevněn na lože obráběcího stroje. V případě skříně mechanismu bude obrobek vyložen nad horní plochu čelistí svěráku o 11 milimetrů. Toto vyložení zabrání nechtěnému kontaktu mezi nástrojem a strojním svěrákem. U výroby víka mechanismu vyložení není podstatné, obrábět se bude pouze boční strana u níž je kontakt se strojním svěrákem vyloučen.



*Obr. 37.: 3D model upnutí polotovaru skříně mechanismu.*

První vygenerovaná dráha spočívala ve vyvrtání dvou otvorů o průměru 5 mm. Následující dvě dráhy měly frézovací charakter a byly zaměřené na frézování dvou kapes. V obou případech zajížděl nástroj do řezu z boční strany obrobku a tím nedocházelo k zanoření nástroje do materiálu. Vygenerované dráhy pro výrobu součásti skříň mechanismu (obr. 38.).



Obr. 38.: Simulace vygenerovaných drah, skříň mechanismu.

U víka mechanismu bylo použito stejné upnutí spolu s téměř totožnými drahami.

Z vygenerovaných drah jednotlivých součástí byly vytvořeny CNC programy s využitím postprocesoru pro systém Heidenhain, který je obsažený v softwaru Inventor HSM od firmy Autodesk. Jeden z vytvořených programů, konkrétně program pro skříň mechanismu je znázorněn v modulu Autodesk HSM Edit (obr. 39.). Jedná se o doplňkový software sloužící pro editaci již vytvořených CNC programů.

```
1 0 BEGIN PGM SKRIN_SPOUSTECI_MECH MM
2 10 ;-----
3 20 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-15
4 30 BLK FORM 0.2 X+120 Y+80 Z+0
5 40 ;-----
6 50 ; UPNUTI: obrobek upnout do sveraku, vyložení nad celisti sveraku 11 mm
7 60 ; NULOVY BOD: osa X a Y = spodni levy roh obrobku; osa Z vrsek obrobku
8 70 ;-----
9 80 ; NASTROJE:
10 90 ; #1 D = 5 - vrtak
11 100 ; #2 D = 8 - valcova freza
12 110 ;-----
13 120 ; VRTANI DER: 2 X PRUMER 5
14 130 M5
15 140 L Z+150 FMAX
16 150 TOOL CALL 1 Z S3500
17 160 TOOL DEF 1
18 170 M3 M8
19 180 L Z+50 FMAX
20 190 L X+21.75 Y+28.75 R0 FMAX
21 200 L Z+20 R0 FMAX
22 210 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
23 220 CYCL DEF 32.1
24 230 CYCL DEF 200 VRTANI ~
25 240 Q200=5 ;NASTAVENI BEZPECNE VZDALENOSTI ~
26 250 Q201=-16 ;HLOUBKA ~
27 260 Q206=80 ;POSUV PRO ZANORENI ~
28 270 Q202=3 ;HLOUBKA NAJETI ~
29 280 Q210=0 ;PRODLEVA NA VRSKU ~
30 290 Q203=0 ;SOURADNICE PLOCHY ~
31 300 Q204=+30 ;2. BEZPECNA VZDALENOST ~
32 310 Q211=0 ;PRODLEVA NA SPODKU
33 311 M99
34 320 L X+45 Y+60 FMAX M99
35 330 L Z+150 FMAX
36 340 ; PROGRAM STOP - VYMENA NASTROJE
37 350 M0
```

Obr. 39.: Příklad vygenerovaného NC programu.



## 5. VÝROBA PROTOTYPU

Tato kapitola diplomové práce bude věnována výrobě navrženého prototypu lovecké kuše. Samotná výroba byla rozdělena do skupin podle hlavních částí prototypu. Operace dle technologických postupů (příloha č. 1.), kterými se zabývala předchozí kapitola (kapitola č. 4) budou detailně popsány, popřípadě doplněny o fotografie přímo z výroby.

### 5.1. Lučičště

První operací při výrobě ocelového lučičště bylo zakrácení polotovaru na požadovaný rozměr.

Po zakrácení následovalo vybroušení dvojice drážek, zajišťující správnou funkci kladkového systému a umožňující rotaci kladek okolo upínacích čepů, a taktéž vybroušení drážky pro stabilizační křídélka šípové střely.

V následující operaci byla zařazena operace vrtání, při které byly vytvořeny a zahloubeny potřebné díry o průměru 8 a 6 mm.

Další částí výroby bylo zbroušení tloušťky celého lučičště z obou stran na daný rozměr a zaoblení hran, tato operace měla za následek odstranění drobných nerovností a povrchových vad polotovaru.

Poslední operací při výrobě lučičště navrhovaného prototypu bylo očištění za pomoci technického benzínu a následné natření nejprve dvousložkovou základovou barvou a poté i povrchovým černým lakem.

Jelikož byl při výrobě polotovar ve formě listové pružiny již tepelně zpracován, bylo nezbytně nutné, aby jeho teplota během výroby nepřesáhla popouštěcí teplotu materiálu.

Vyrobené lučičště ve finální podobě je znázorněno na (obr. 40.).



*Obr. 40.: Finální podoba lučičště.*

Další částí výroby bylo vytvoření dvojice upínacích profilů. První operací při této výrobě bylo zakrácení polotovaru na daný rozměr za pomoci pásové pily.

Následovala vrtací operace, při níž byly vyvrtány a zahloubeny díry o průměru 8 a 6,8 mm.

Poslední fází výroby upínacích profilů lučiště bylo vyřezat závity M8 do předvrtaných otvorů, následné zbroušení hran, očištění a aplikace nátěru.

Dvojice vyrobených upínacích profilů je znázorněna na (obr. 41.).



*Obr. 41.: Finální podoba upínacích profilů.*

## 5.2. Tělo

Prvními operacemi při výrobě těla kuše bylo zarovnání a zakrácení polotovaru ve formě dubových hranolů na požadovaný rozměr.

Další částí výroby byly dvě frézovací operace, při kterých byly vytvořeny vybrání pro spouštěcí a pojistný mechanismus, sražení pro vedení šípové střely a taktéž i vybrání pro stabilizační křídélka této střely.

Po frézovacích operacích následovala operace vrtací, při které byly vyvrtány potřebné otvory.

Další velmi podstatnou částí výroby bylo slepení dvojice hranolů v jeden celek. Oba polotovary v průběhu výroby těsně před slepením (obr. 42.).

Po vytvrzení lepidla následovalo vytvoření průchozí drážky pro lanový systém a vyvrtání otvorů pro upnutí lučiště.

Následovalo vyřezání požadovaného tvaru těla kuše za pomoci pásové pily, a taktéž jeho vybroušení do končené podoby brousicími papíry různé zrnitosti.

Poslední fází výroby bylo navoskování vyrobeného dílu. Hotový výrobek je znázorněn na (obr. 43.).





*Obr. 42.: Dubové hranoly před slepením.*

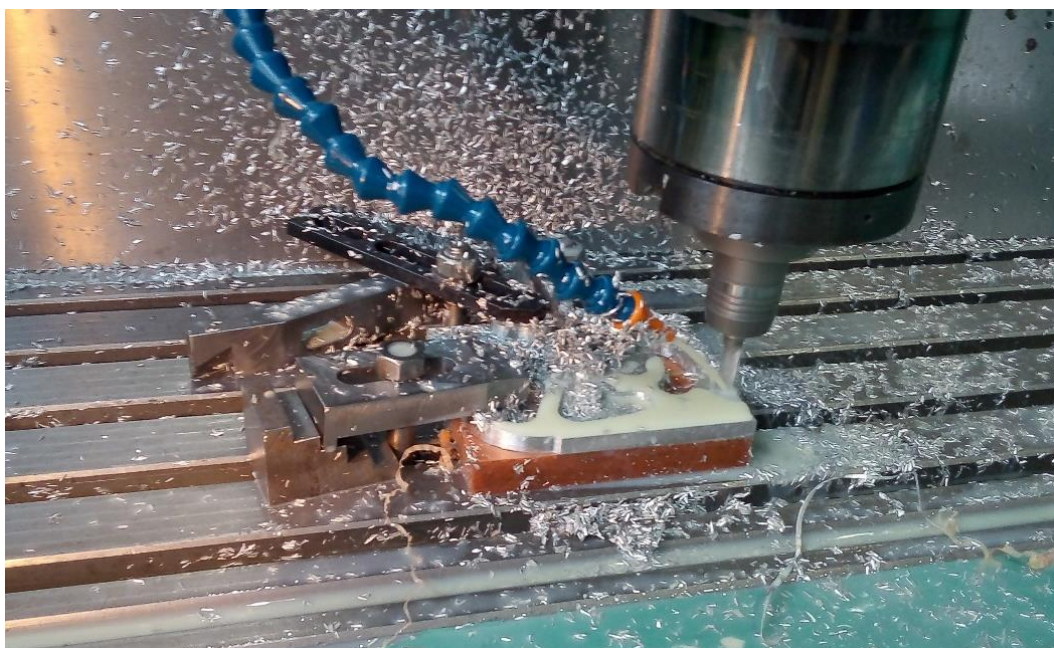


*Obr. 43.: Finální podoba těla kuše.*

### **5.3. Kladkový systém**

Při výrobě kladek bylo první operací dělení materiálů na daný rozměr pomocí pásové pily.

Následovalo využití frézovacích operací na stroji s CNC řízením. Při kterých byly polotovary ve formě plochých hliníkových tyčí s využitím podložky a upínek připevněn ke stolu frézky. Následující obrábění probíhalo dle vytvořeného CNC programu a spočívalo ve vyvrtání potřebných děr a vyfrézování kapes a obrysu kladek. Průběh frézování velké kladky je znázorněn na (obr. 44.). Vyfrézované kladky pak na (obr. 45.)



*Obr. 44.: Průběh frézování velké kladky.*



*Obr. 45. Vyfrézované kladky.*

Po frézovacích operacích následovalo zahĺoubení vyvrtaných děr, vyřezání závitů M5 do předvrtaných otvorů, sražení hran a vybroušení kruhových drážek po obvodu jednotlivých kladek sloužících pro vedení tětiny a lanového systému.

Finální částí výroby kladek bylo jejich očištění a aplikace barvy. Hotové výrobky s již nalisovanými ložisky jsou znázorněny na (obr. 46.).



*Obr. 46.: Finální podoba jednotlivých kladek.*

Další částí kladkového systému jsou upínací kostky, jejich výroba spočívala v prvotním zakrácení polotovaru na daný rozměr.

Následných vrtacích operacích, při kterých byly vyvrtány otvory o průměru 8 a 5 mm.

Výroba byla zakončena zarovnáním řezaných ploch, sražením hran, vyřezáním závitů, očištěním a barvením. Již vyhotovené vodící kostky jsou znázorněny na (obr. 47.).



*Obr. 47.: Finální podoba upínacích kostek.*

Upínací čepy byly dalšími komponenty kladkového systému, jejich první výrobní operací bylo zakrácení polotovaru na potřebný rozměr.

Po zakrácení následovalo soustružení, při kterém byly vytvořeny drážky pro pojistné třmenové kroužky a taktéž bylo zarovnáno čelo na konečný rozměr.



Posledními komponenty kladkového systému byly upínací kroužky, jež byly vyrobeny ve dvou variantách. První z nich obsahovala středovou díru o průměru 8 mm. Ve druhé variantě byla v ose součásti vytvořena díra se závitem M5. Výrobní postup obou variant byl víceméně totožný. První operací bylo zakrácení polotovarů na daný rozměr.

Následovaly soustružnické operace, při kterých byly zarovnány čelní plochy, vyvrtány požadované otvory, při první variantě díra o průměru 8 mm, ve druhé díra o průměru 4,2 mm. Další soustružnickou operací po vyvrtání děr bylo vytvoření drážek pro vedení tětiny a upíchnutí upínacích kroužků na daný rozměr.

Poslední operací bylo vyřezání závitů M5, pouze ve druhé variantě upínacích kroužků, a konečné očištění a barvení.

#### 5.4. Spouštěcí a pojistný mechanismus

Technologický postup výroby skříně a víka pojistného a spouštěcího mechanismu je víceméně totožný, u obou součástí tvoří první operace frézování na stroji s CNC řízením, kde byly polotovary upnuty do strojního svěráku a za pomoci předem definovaného programu byly vyfrézovány požadovaná vybraní a vyvrtány díry. Průběh frézovací operace skříně mechanismu na CNC stroji je znázorněn na (obr. 48.).



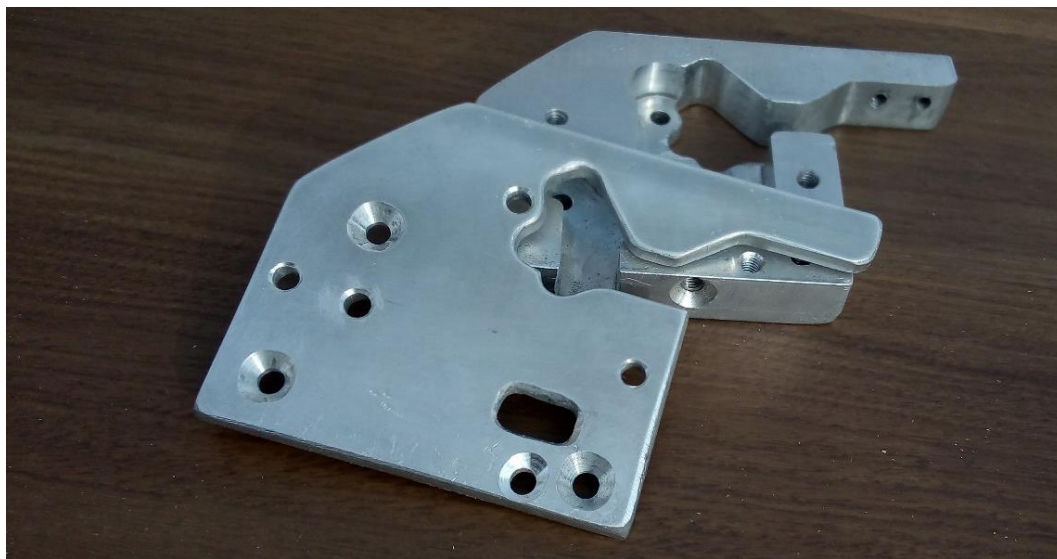
*Obr. 48.: Průběh frézování skříně mechanismu.*

V následující operaci byla na pásové pile vytvořena zkosení zadní části a taktéž zarovnány spodní části na daný rozměr.

Následně po řezání byla zařazena vrtací operace, ve které byly vyvrtány a posléze zahloubeny požadované díry.

V další operaci byly uskutečněny zámečnické úkony, v případě skříně mechanismu se jednalo o řezání závitů, vybroušení otvoru pro šípovou střelu, sražení hran a zarovnání řezaných ploch. U víka mechanismu nedocházelo k řezání závitů ani k broušení otvoru pro šípovou střelu, avšak byl zde vybroušen otvor pro pojistku. Skříň spolu s víkem jsou znázorněny v průběhu výroby na (obr. 49.).

Poslední částí výroby skříně a víka mechanismu bylo očištění a následné nabarvení.



*Obr. 49.: Vyfrézované díly mechanismu.*

Obdobně jako skříň a víka mechanismu tak i další tři komponenty mají velmi podobný technologický postup. Jedná se konkrétně o háček, spoušť a pojistku. I když každý z těchto zmíněných výrobků byl vytvořen z jiného polotovaru, jejich první společnou operací bylo zakrácení polotovarů na daný rozměr.

Po zakrácení následovaly vrtací operace, při kterých byly vyvrtány a zahloubeny díry o průměru 5 mm. V případě spouštěcího háčku byly vyvrtány navíc další dvě pomocné díry, a to o průměru 6 a 10 mm.

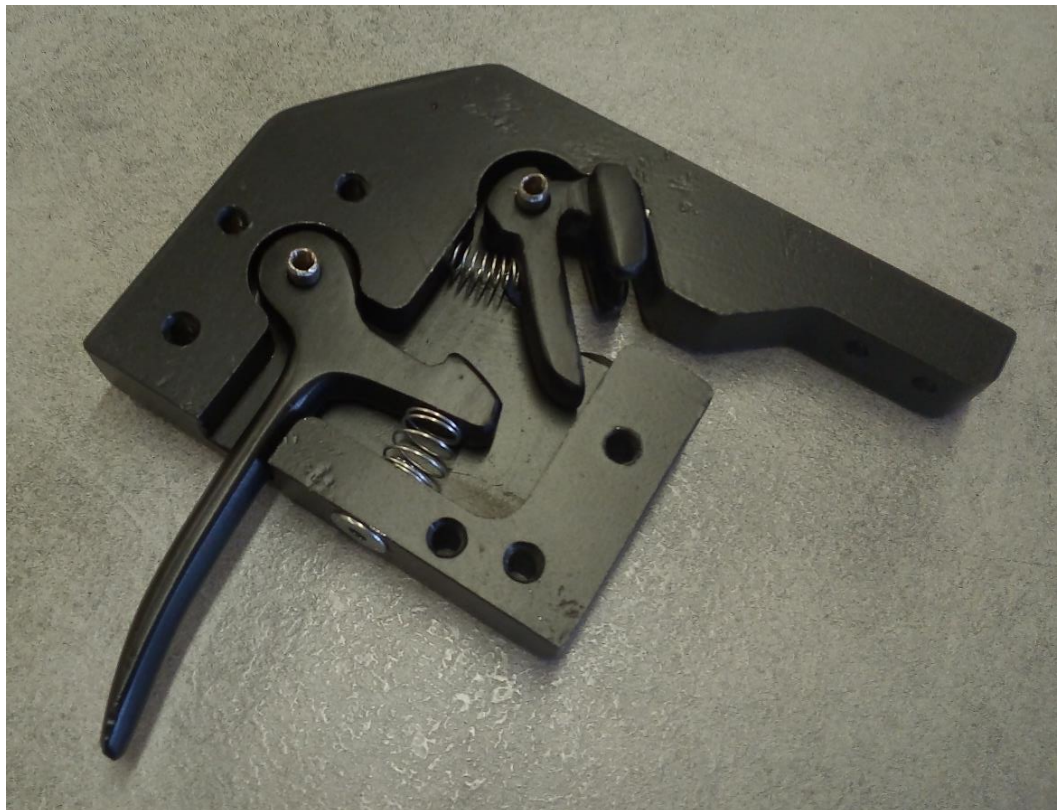
Následující operací bylo u všech těchto komponentů vybroušení požadovaného tvaru za pomoci úhlové brusky. Všechny tyto součásti jsou znázorněny v průběhu výroby na (obr. 50.)

Po vybroušení finálního tvaru následovalo očištění a barvení.



*Obr. 50.: Obrobené vnitřní komponenty mechanismu.*

Složená skříň mechanismu spolu s háčkem a spouští je znázorněna na (obr. 51.).  
Kompletní spouštěcí a pojistný mechanismu pak na (obr. 52.).



*Obr. 51.: Uložení vnitřních dílů ve skříni mechanismu.*



*Obr. 52.: Finální podoba spouštěcího a pojistného mechanismu.*



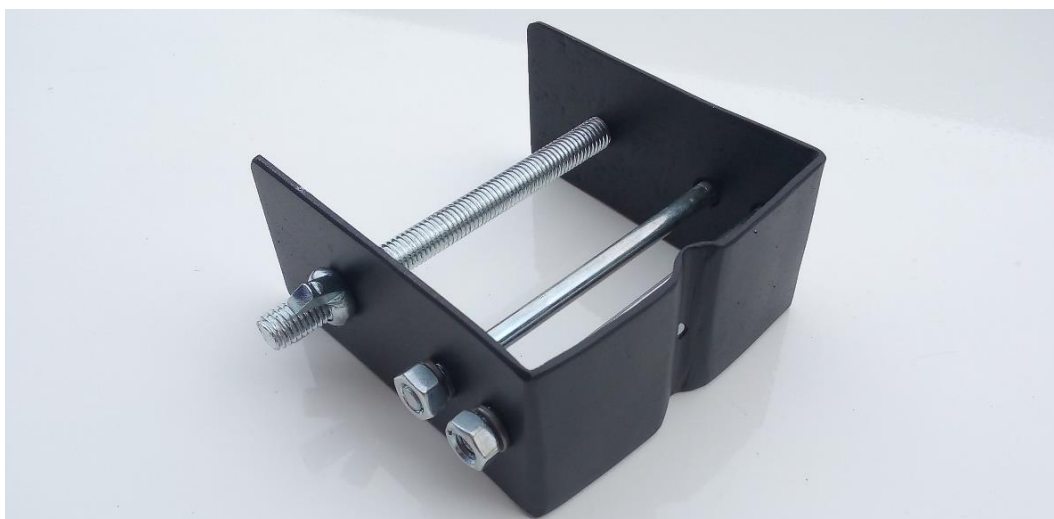
### 5.5. Výroba tětiny, lanového systému a finální kompletace prototypu

Pro výrobu tětiny a lanového systému bylo nutné vytvořit přípravek pro utahování omotávky (obr. 53.) a také přípravek pro napnutí středových vláken.

Tětiva spolu s lanovým systémem byli vytvořeny ze 24 středových vláken materiálu Dacron B55 a nylonové omotávky (obr. 54.).

Výroba tětiny a lanového systému spočívala v natažení potřebného počtu vláken na přípravek, který obsahuje dvě otočná ramena, každé vybavené dvojicí trnů. Přípravek v průběhu výroby lanového systému je znázorněn na (obr. 55.).

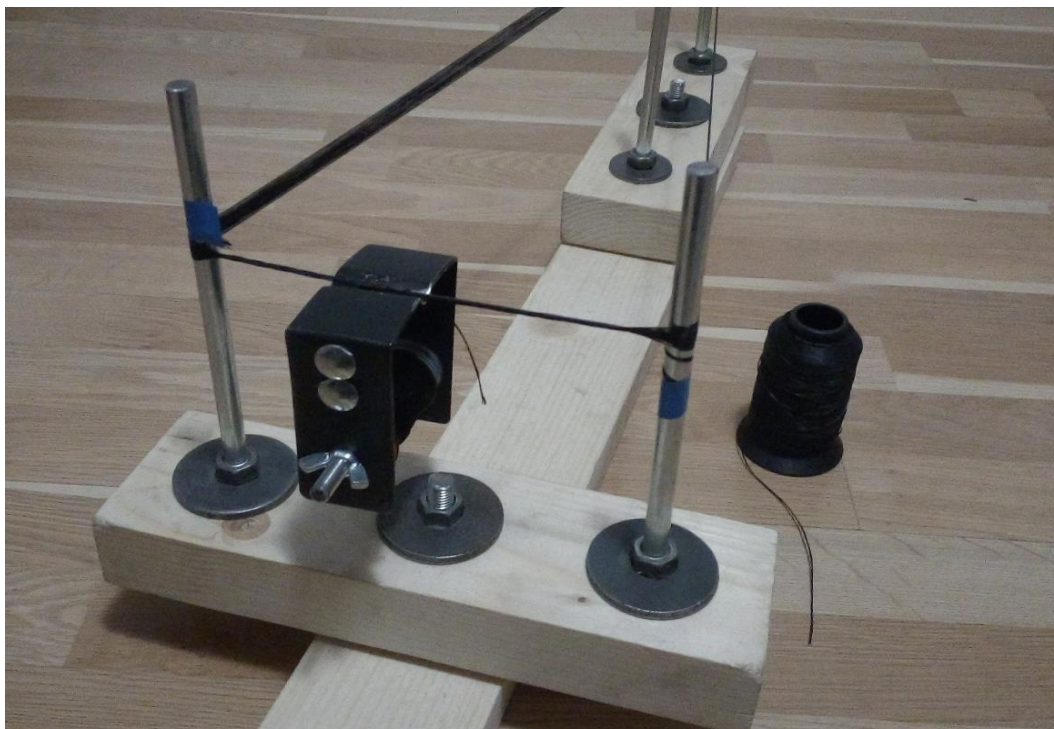
Po natažení středových vláken byla otočná ramena přípravku nastavena v kolmém směru na středová vlákna. Mezi dvojicí trnů byla vytvořena nylonová omotávka tvořící upínací očka. Po vytvoření omotávky mezi trny, byla otočná ramena přesunuta do rovnoběžné polohy se středovými vlákna. Následně byly vytvořena omotávka po celé délce tětiny. Před napnutím již vyhotovené tětiny na kuši byla z důvodů zvýšení životnosti navoskována.



Obr. 53.: Přípravek na utahování omotávky.



Obr. 54.: Materiál použitý na výrobu tětiny a lanového systému.



*Obr. 55.: Průběh výroby tětiny.*

Finální kompletace spočívala ve složení všech komponentů v jeden funkční celek. Upínací profily lučiště byly za pomoci dvojice metrických šroubů upevněny k dřevěnému tělu kuše. Následně k upínacím profilům bylo čtyřmi šrouby připevněno lučiště. Mezi ocelové lučiště a upínací profily byla vložena pryžová vložka tlumící vibrace při výstřelu. K lučišti byl osmi šrouby přichycen zkompletovaný kladkový systém. Dále byl vložen vyjímatelný spouštěcí a pojistný mechanismus, jenž byl k tělu kuše přišroubován čtveřicí šroubů s kuželovou hlavou. Následovala montáž nášlapného trnu do přední části těla kuše, lučíku chránícího spoušť mechanismu a také dvojice vodících lišt. Poslední částí sestavení prototypu bylo předepnutí lučiště a napnutí tětiny spolu s lanovým systémem. Již zkompletovaný vyráběný prototyp lovecké kuše je znázorněn na (obr. 56.)



*Obr. 56. Finální prototyp.*



## 6. POSOUZENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Tato kapitola diplomové práce obsahuje posouzení dosažených výsledků včetně zhodnocení jednotlivých etap návrhu konstrukce a konečné výroby

### 6.1. Zhodnocení funkčnosti vyrobeného prototypu

Navržená a následně vyrobená kladková kuše je funkčním prototypem, avšak obsahuje řadu nedostatků.

#### Hmotnost

Celková hmotnost kuše činí 6,1 kg, což odpovídá přibližně dvojnásobku hmotnosti jiných průmyslově vyráběných modelů kladkových kuší. Z důvodů vyšší hmotnosti je manipulace s kuší včetně střelby obtížnější, zejména při delším míření atd.

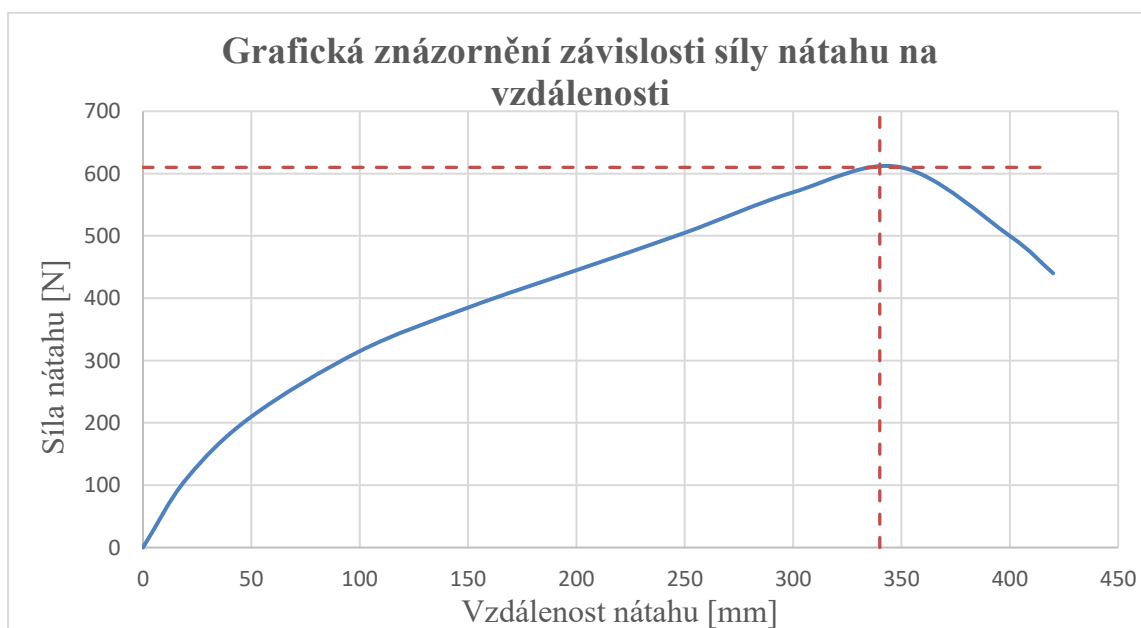
#### Základní rozměry

Šířka ramen, včetně kladkového systému se svojí hodnotou 74 cm spadá do horní poloviny hodnot rozměrů vyráběných kuší. Manipulace s kuší této šířky nečiní větší problémy.

Délka náahu 42 cm spolu s celkovou délkou drážky pro vložení šípové střely 55 cm umožňují použití šípů standartních rozměrů, konkrétně tedy šípů se standartní délkou 22 palců (v přepočtu necelých 56 cm).

#### Síla náahu

Síla náahu vyrobeného prototypu byla změřena za pomoci siloměru, její závislost na délce náahu byla graficky znázorněna na (obr 57). Maximální hodnota síly činí 610 N. Tato hodnota odpovídá spodní hranici sil náahu u průmyslově vyráběných kuší. U těchto kuší pak standartní síla náahu, uváděná v librách, dosahuje hodnot 165 lb (přibližně 730 N) a vyšších.



Obr. 57.: Grafická závislost.

Z průběhu vyobrazené závislosti je patrný vliv využití kladkového systému. Prudký nárůst síly v počáteční fázi natahování a taktéž náhlý pokles ve fázi poslední potvrzuje funkčnost tvaru a vzájemného uložení navrhovaných kladek.

### Přesnost

Pro střelbu byly zvoleny 22palcové duralové šípky od značky Beast Hunter s názvem HalfMoon. Kontrolní střelba byla provedena na terč o velikosti 80 cm ze dvou vzdáleností, celkem dvaceti výstřely. Výsledný terč s průstřely je znázorněn na (obr. 58.). První střelba byla provedena ze vzdálenosti 25 m, na obrázku průstřely označené černým fixem, druhá ze vzdálenosti 50 m, neoznačené průstřely. Při změně vzdáleností bylo nutná korekce mířidel vzhledem k balistické křivce letu šípové střely.

Výsledky střelby naznačují dostatečnou přesnost na kratší 25 m vzdálenost. Avšak při střelbě na větší 50 m vzdálenost dochází ke značnému rozptylu. Z charakteru neoznačených průstřelů z 50 m vzdálenosti je patrná mírná odchylka v korekci mířidel, jejíž vymezení by mohlo zlepšit výsledek střelby. Díky vyšší hmotnosti vyrobeného prototypu je střelba s přibývajícím počtem výstřelů obtížnější a může docházet k větším chybám při míření.



Obr. 58.: Terč s průstřely.

### Spouštěcí a pojistný mechanismus

Spouštěcí a pojistný mechanismus funguje bez problémů. Z důvodů nižších hodnot síly nátahu lze prototyp kuše natáhnout ručně bez větší námahy. Odpor háčku spouštěcího mechanismu, který je nutný během natažení překonat je zanedbatelný a díky snížení síly nátahu v poslední fázi probíhá samotné natažení a zajištění tětiny spouštěcím háčkem bez obtíží. Následné uvolnění tětiny ze spouštěcího mechanismu a vystřelení šípové střely funguje správně. Odpor spouště, který je nutno pro výstřel překonat, je přiměřený a samotná

střelba je pohodlná. Zajištění natažené kuše proti výstřelu je zprostředkováno pohyblivým dorazem, který ve svých krajních polohách, odjištěno a zajištěno, dostatečně drží a spolehlivě plní svoji funkci.

## **6.2. Zhodnocení vlastní konstrukce jednotlivých částí**

Návrh konstrukce lze rozdělit do několika hlavních částí.

### **Lučistiště**

Využití lučistiště vyrobeného z materiálu ve formě pružné oceli není nejvhodnější variantou. Využití moderních kompozitních materiálu, například na bázi skleněných vláken, by umožnilo razantní snížení výsledné hmotnosti navrženého prototypu a taktéž by umožnilo efektivně využít napínací sílu, popřípadě její zvýšení.

Upnutí ocelového lučistiště k tělu kuše za pomoci dvojice ocelových upínacích profilů je dostatečné, avšak hmotnostně náročnější.

### **Tělo kuše**

Tělo kuše navrhovaného tvaru je z estetického a ergonomického hlediska dostatečné. Využití materiálu s nižší měrnou hustotou, nebo materiálů umožňující odlehčenou konstrukci by vedlo k další redukci hmotnosti.

### **Kladkový systém**

Jak již bylo zmíněno výše a jak vyplývá z uvedené grafické závislosti síly nátahu kladkový systém správně plní svoji navrhovanou funkci danou tvarem a vzájemným ustavením jednotlivých kladek. Avšak z důvodů zvýšení síly nátahu by mohly být provedeny změny tvaru jednotlivých kladek. Při snížení výsledných poměrů mezi pomyslnými rameny páky by mohlo dojít ke zvýšení síly.

Upnutí kladek k jednotlivým ramenům lučistiště bylo navrženo vzhledem k jednoduché výrobě. Avšak toto řešení s využitím ocelových upínacích kostek je hmotnostně náročné. V zájmu redukce hmotnosti by vhodnějším konstrukčním řešením bylo upnutí dvojice kladek, uložených na otočném čepu, přímo do otvoru v rozšířené koncové části ramen lučistiště.

### **Spouštěcí a pojistný mechanismus**

Navržený spouštěcí a pojistný mechanismus, tvořený skříní a víkem z hliníkové slitiny a ocelovými vnitřními částmi je bezpečným, spolehlivým a plně funkčním komponentem navrženého prototypu. Z důvodu snížení celkové hmotnosti kuše by mohly být provedeny konstrukční změny komponentů z hliníkové slitiny, které by zredukovaly hmotnost za předpokladu plného zachování funkce mechanismu.

### **Tětiva a lanový systém**

Tětiva a lanový systém navržené ze 24 dakronových středových vláken, jež jsou opatřeny nylonovou omotávkou, plní dostatečně svoji funkci.

**6.3. Zhodnocení jednotlivých etap výroby**

Technologický postup byl sestaven správně a během výroby se nevyskytly žádné potíže.

Použití černého laku k povrchové úpravě hliníkových komponentů nebylo nejvhodnější řešení. Lak není dostatečně otěruvzdorný a na některých místech vlivem používání vznikají oděrky. Tento problém by mohl být vyřešen použitím povrchové úpravy hliníku technologií eloxování.

**6.4. Zhodnocení použitých strojů a nástrojů**

Použité stroje i nástroje byly zvoleny vzhledem k dostupnosti a současnému vybavení školní a domácí dílny, ve kterých výroba probíhala.

Využití CNC frézovacího stroje vzhledem k vyráběnému množství o počtu jednoho kuse bylo dostatečné, avšak pro výrobu ve větších výrobních dávkách nebylo z ekonomického hlediska nejideálnější variantou, obdobného výsledku by šlo docílit například s využitím slévárenských, nebo vstřikovacích technologií.



## ZÁVĚR

Zadáním této diplomové práce byla výroba prototypu lovecké kuše, jakožto tradičního nástroje používaného k lovu a výkonu myslivosti v dobách minulých.

Jednotlivé části diplomové práce:

- Úvodní zařazení kuší z technicko-historického hlediska, představení historie kuší, jejich vývoj a využití v průběhu dob.
- Rozbor technologických metod, které byly využity při výrobě, především technologie obrábění.
- Základní rozdělení kuší spolu s popisem konstrukce jednotlivých částí a následným vytvořením vlastního návrhu prototypu lovecké kuše.
- Technologický proces a jeho sestavení se všemi jeho náležitostmi.
- Samotná výroba navrhovaného prototypu spolu s popisem jednotlivých fází.
- Závěrečné zhodnocení dosažených výsledků, spolu s návrhem vhodnějšího řešení některých částí.

Výroba proběhla bez větších problémů, výstupem práce je hotový výrobek ve formě funkčního prototypu spolu s kompletním technologickým postupem.

Jelikož v České republice je lov s mechanickými zbraněmi zakázán, a taktéž z důvodů, že vyrobená kuše nedosahuje přesnosti na větší vzdálenosti a síly výstřelu potřebné k rychlému a co nejméně bolestivému usmrcení lovené zvěře, nebude vyrobený prototyp nikdy použit pro účely lovu. I přes tuto skutečnost, se stále jedná o funkční a ojedinělý exemplář (obr. 59.), který lze využít pro rekreační a terčovou střelbu.



*Obr. 59.: Vyrobený prototyp kladkové kuše.*

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. FORST, Pavel. Myslivost: Učebnice pro střední zemědělské a lesnické školy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1975.
2. Penzum: myslivost pro teorii a praxi. XVI. vydání. Praha: Druckvo, spol. s r.o., 2020. Myslivost pro praxi. ISBN 978-808-7668-405.
3. HISTORIE A TRADICE MYSLIVOSTI. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem [online]. 2. 3. 2017 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/mapy-a-data/360-portal-myslivosti/myslivost-obecne/718-historie>
4. ČERVENÝ, Jaroslav. Myslivost: Ottova encyklopedie. 2., upr. vyd. Praha: Ottovo nakladatelství, 2010. ISBN 978-80-7360-895-8.
5. DŘÍZAL, Jaroslav. Počátky lukostřelby. Lukostřelec [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.lukostrelce.cz/lukostrelba/historie/pocatky-lukostrelby-pravek-a-starovek/>
6. Opakovací kuše. D20 v kostce [online]. 21.4.2006 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.d20.cz/clanky/kultura/opakovaci-kuse.html>
7. Čínská opakovací kuše Chukonu. Outfit for events [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.outfit4events.cz/czk/produkt/9024-cinska-opakovaci-kuse-chukonu/>
8. SUN-C'. Umění války: The art of war. 2. vyd. Brno: B4U, 2014. ISBN 978-80-87222-35-5.
9. SCHRAMM, Erwin. Die antiken Geschütze der Saalburg : Bemerkungen zu ihrer Rekonstruktion. Berlin: Weidmannsche Buchhandlung, 1918. 88 s., obr. příl.
10. PAYNE-GALLWEY, Ralph. The Book of the Crossbow. U.S.A, 1995. ISBN 0-486-28720-3.
11. GRUBER, Josef. Katapult nebo balista. Zpravodaj SPŠ strojnické [online]. Plzeň, 2003, 2 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: [http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef\\_gruber/clanky/katap.pdf](http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef_gruber/clanky/katap.pdf)
12. Gastraphetes: Military [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://military.wikia.org/wiki/Gastraphetes>
13. HELEBRANT, Martin. Kuše včera a dnes: Militaria [online]. 11.9.2004 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.militaria.cz/cz/clanky/zbrane-a-zbroj/kuse-vcera-a-dnes.html>
14. The siege technology of the ancient Greeks: Kotsanas Museum [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://kotsanas.com/gb/exh.php?exhibit=1402001>
15. Čas války: luky, kuše, praky: CURIA VITKOV [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://curiavitkov.cz/cas-valky-luky>
16. Kuše: D20 v kostce [online]. 7.4.2006 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.d20.cz/clanky/kultura/kuse.html>

17. Pozdně gotická kuše a její konstrukce: Lukostřelec [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.lukostrelec.cz/lukostrelba/historie/pozdne-goticka-kuse-a-jeji-konstrukce/>
18. Zbraně husitských válek: Husitství [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://husitstvi.cz/vojenstvi/husitske-valecnictvi-trochu-jinak/zbrane-husitskych-valek/>
19. Kuše a její historie [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.epuskohled.cz/component/content/article/79-caste-dotazy/96-kuse-a-jeji-historie>
20. Historie palných zbraní: Střelecká příprava bezpečnostních složek [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/strelba/historie>
21. BRYCH, Vladimír a Ludvík BELCREDI. Arma diaboli: o kuších a střelcích. Praha: Národní muzeum, 2012. ISBN 978-80-7036-374-4.
22. KUCHYŇKA, Antonín. KUŠE: moderní mechanické zbraně. Hustopeče: Vydavatelství Radka Kuchyňková, 2003. ISBN 80-902869-3-3.
23. Crossbow [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.digipan.wz.cz/crossbow/crossbow.htm>
24. Ocelové kuše: D20 v kostce [online]. 14.4.2006 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.d20.cz/clanky/kultura/kuse-ocelove.html>
25. Historie polní kuše: Historie kuší [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.crossbow-otrokovice.cz/historie/polni-kuse/>
26. Zbraně: obrazové dějiny zbraní a zbroje. V Praze: Knížní klub, 2007. ISBN 978-80-242-1953-0.
27. Zákon č. 119/2002 Sb.: Zákony pro lidi [online]. 1.1.2003 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-119>
28. Zbraně podléhající zákonu o zbraních: MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY [online]. 17.2.2021 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09OQ%3d%3d>
29. Zákon č. 449/2001 Sb.: Zákony pro lidi [online]. 1.7.2002 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-449>
30. Zákaz lovu s kuší: Kuše [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.kuse.cz/kuse/6-UZITECNE-RADY>
31. Přehled technik využívaných při RP: Technická univerzita v Liberci [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: [http://www.kvs.tul.cz/download/rapid\\_prototyping/P%C5%99ehled%20technik%20vyu%C5%BE%C3%ADvan%C3%BDch%20p%C5%99i%20Rapid%20Prototyping.pdf](http://www.kvs.tul.cz/download/rapid_prototyping/P%C5%99ehled%20technik%20vyu%C5%BE%C3%ADvan%C3%BDch%20p%C5%99i%20Rapid%20Prototyping.pdf)
32. TWI global: What is Rapid Prototyping [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-manufacturing-what-is-rapid-prototyping>



33. LIDMILA, Zdeněk a Emil SVOBODA. Strojírenská technologie. Brno: Univerzita obrany, 2006 [i.e. 2007]. ISBN 978-80-7231-220-7.
34. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
35. SUENNE: Důkazy starověkého strojního obrábění pyramid [online]. 12.04.2017 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://www.suenee.cz/dukazy-starovekeho-strojního-obrabení-pyramid-v-gize/>
36. JANÁČ, Alexander. Technológia obrábania. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2004. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 80-227-2031-3.
37. KENYON, J. Douglas. Zakázaná historie: základy pravěké supertechniky: netušené počátky civilizace. Olomouc: Fontána, [2008]. ISBN 978-80-7336-444-1.
38. DOMÁCÍ SOUSTRUŽENÍ: Historie soustružení [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <http://www.domaci-soustruzeni.cz/historie-soustruzeni/historiesoustruzeni-typy-soustruhu.html#smyccovy>
39. ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. Strojírenská technologie 3. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-718-3337-1.
40. HOFFMAN, Peter J., Eric S. HOPEWELL a Brian JANES. Precision machining technology. 2nd ed. New York: Cengage Learning, c2015. ISBN 978-1-2854- 4454
41. KOČMAN, Karel. Speciální technologie: obrábění. 3. přeprac. v dopl. vyd., V Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2562-8
42. CNC: The History of Computer Numerical Control [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <http://www.cnc.com/the-history-of-computer-numerical-control-cnc/>
43. IŽOL, Peter a Michal FABIAN. CAD/CAM systémy v technologickom procese obrábania. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2006. Edícia študijnej literatúry. ISBN 80-8073-489-5.
44. KŘÍŽ, Rudolf a Pavel VÁVRA. Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích. Sv. 2. Praha: Scientia, 1993. ISBN 80-85827-00-X.
45. MAREK, Jiří a Oldřich UČEŇ. CNC obráběcí stroje. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 978-80-248-2329-4.
46. HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. Strojírenská technologie 2. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-718-3245-6.
47. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. Brno: CERM, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
48. SADÍLEK, Marek. CAM systémy v obrábění I. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1821-4.
49. GAZDA, Jaromír a Jan JERSÁK. Příspěvek k procesu broušení kovů. V Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 2012. ISBN 978-80-7414-517-9.
50. ŠTAJNOCHR, Lubomír. Broušení nástrojů. Praha: Grada, 2000. Profi & hobby. ISBN 80-7169-809-1.



51. CZECH CROSSBOW ASSOCIATION [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://crossbow-czech.cz/>
52. Závody a střelba: Kuse.cz [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.kuse.cz/kuse/7-3D-ZAVODY>
53. Historie kuší [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.zing.cz/blog/8003152/historie-kuse/>
54. Výběr kuší: epuskohled.cz [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.epuskohled.cz/eshop/kuse>
55. ZÁLIŠ, Roman. Mechanismus loveckého šípu [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.fishhunt.cz/clanky/2018-mechanismus-loveckeho-sipu>
56. Kuše: Chladné zbraně [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: [https://www.chladnezbrane.eu/clanky-a-recenze/https-www-chladnezbrane-eu-clanky-a-recenze-kuse-/?gclid=CjwKCAjwhYOFBhBkEiwASF3KGTbkfc8sVzULSHkDtUmIX0ox55gF4KOWtQ6OQt4MgVUrTX0TwhRWBoC9HsQAvD\\_BwE](https://www.chladnezbrane.eu/clanky-a-recenze/https-www-chladnezbrane-eu-clanky-a-recenze-kuse-/?gclid=CjwKCAjwhYOFBhBkEiwASF3KGTbkfc8sVzULSHkDtUmIX0ox55gF4KOWtQ6OQt4MgVUrTX0TwhRWBoC9HsQAvD_BwE)
57. Kladkové kuše: Zbraně a vzduchovky [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.zbrane-vzduchovky.cz/kuse/kuse-kladkove/>
58. Sportovní a lovecké kuše: Kuse.cz [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.kuse.cz/kuse/eshop/1-1-Kuse-Excalibur>
59. Reverse crossbow: Pioneer camp [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://cs.pioneervillagecamp.com/guide-to-reverse-draw-crossbows-220>
60. Top 5 Reasons to Shoot a Reverse Crossbow: TenPoint [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.tenpointcrossbows.com/blog/top-5-reasons-to-shoot-a-reverse-draw-crossbow/>
61. Kuše pistolové: KENTAUR zbraně a střelivo [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.kentaurzbrane.cz/kuse-pistolove/>
62. KEJVAL, Jaroslav. Lukostřelba od A do Z. V Jeseníku: [J. Kejval], 2000.
63. Design, manufacture, mechanical testing and numerical modeling of composite crossbow limb: University of Plymouth [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://pearl.plymouth.ac.uk/bitstream/handle/10026.1/11805/Crossbow%20031008.pdf?sequence=1>
64. Materiál tětiny: Luky a šípy [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z:  
<http://www.lukyasipy.cz/poradna/rozdil-mezi-materialy-tetiv-dacron-a-fastflight/>
65. Jak vyměnit tětinu kuše [online]. [cit. 2021-5-16].  
Dostupné z: <https://www.outfit4events.cz/czk/magazin/kuse/jak-vymenit-tetivu-kuse/>
66. Moderní kuše [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z:  
<http://forum.arbalet.info/viewtopic.php?f=1&t=8497&view=print%C2%A8>
67. Cams timing: crossbow nation [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z:  
<https://www.crossbownation.com/threads/cam-timing.91098/>

68. HANSON, Andrew J. Kinematic Analysis of Cam Profiles Used in Compound Bosw. U.S.A, 2009. Master of Science thesis. University of Missouri
69. BEDNAR, William J. CROSSBOW TRIGGER MECHANISM. U.S.A. 5,649,520. Uděleno 22.7.1997. Dostupné také z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/e2/d1/ec/46e5d8a5794406/US5649520.pdf>
70. TRAC - TRIGGER firing system: RAVIN TECHNOLOGY - Crossbows [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://ravincrossbows.com/technology/>
71. Klikový napínák: epuskohled [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.epuskohled.cz/eshop/kuse/prislusenstvi/prislusenstvi-pro-kuse/klikovy-napinak-tetivy-excalibur-c2-crank-cocking-aid-detail>
72. VERSA - DRAW cocking system: RAVIN TECHNOLOGY - Crossbows [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://ravincrossbows.com/technology/>
73. Šípy do kuší: Archery [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://archery.cz/kuse-a-prislusenstvi/sipy-do-kusi>
74. VENGEANCE APG: Barnett Crossbow [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://universalhunters.com/barnett-vengeance-apg-crossbow-review/>
75. TwinStrike: Excalibur Crossbow [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: [https://www.excaliburcrossbow.com/crossbows/twinstrike/?fbclid=IwAR1PUaL\\_17N-Yb2qTThRAFIyQ58Sc9kCx\\_zuO45QjGWyefcnFcvJvtns5-I](https://www.excaliburcrossbow.com/crossbows/twinstrike/?fbclid=IwAR1PUaL_17N-Yb2qTThRAFIyQ58Sc9kCx_zuO45QjGWyefcnFcvJvtns5-I)
76. Pistolová kuše Aligator: BEAST HUNTER [online]. [cit. 2021-3-11]. Dostupné z: <https://beast-hunter.com/beasthunter/pistolove-kuse/>
77. R29X Crossbow: RAVIN [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://ravincrossbows.com/product/r29x-crossbow/>
78. ČSN 41 4260: OCEL 14 260. Praha: Český normalizační institut, Duben 1987.
79. Nejstarší památné stromy v ČR: čti doma [online]. 2.6.2019 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.ctidoma.cz/zpravodajstvi/2019-06-02-nejstarsi-pamatne-stromy-v-ceske-republice-kde-jsou-a-kolik-jim-je-let-42939>
80. PATŘIČNÝ, Martin. Velká kniha o dřevě. Vydání druhé (v Euromedia Group první). Praha: Euromedia Group, 2019. Universum (Euromedia Group). ISBN 978-80-7617-829-8.
81. PATŘIČNÝ, Martin. Dřevo krásných stromů. Třetí, přepracované vydání, v nakladatelství Grada Publishing, a.s., první vydání. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1193-1.
82. ČSN EN 515: Hliník a slitiny hliníku - označení stavů. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Září 2017.
83. ČSN EN 573-3: Hliník a slitiny hliníku - chemické složení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Květen 2014.
84. Alloy data sheet - EN AW 6060: Nedal Aluminium [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.nedal.com/wp-content/uploads/2017/11/Nedal-alloy-Datasheet-EN-AW-6060.pdf>

85. ČSN 41 1375: OCEL 11 375. Praha: Český normalizační institut, Duben 1994.
86. LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
87. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2219-X.
88. Dodavatel hutního materiálu: Feron [online]. [cit. 2021-5-17].  
Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

<b>Zkratka:</b>	<b>Popis:</b>
<b>CAD</b>	Computer Aided Design
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturin
<b>CNC</b>	Computer Numerical Control
<b>NC</b>	Numerical Control
<b>3D</b>	Trojdimenzionální, trojrozměrný

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Technologické postupy pro výrobu navrženého prototypu.

# PŘÍLOHA Č. 1

Technologický postup pro výrobu jednotlivých dílů prototypu lovecké kuše

VUT v Brně FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Datum: 01.05.2021	List: 1 z 1
Název sestavy: PROTOTYP LOVECKÉ KUŠE			Název podsestavy: LUČIŠTĚ		Vyhotovil: Ventruba Petr	
Název součásti: LUČIŠTĚ		Materiál: 54SiCr6	Polotovar: Listová pružina 70 x 5 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:	
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Ruční pracoviště  09621	Domácí dílna	Zakrátit na rozměr 65  Vybrousit drážky pro kladkový systém o šířce 20 do délky 110 a drážku pro střelu		Úhlová bruska Kotouč řezací BOSCH Ø125 x 1 Kotouč brousící BOSCH Ø125	
1/1	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614	Obrobná C2	Vrtat díry Ø 8 Vrtat díry Ø 6  Zahloubit vyvrtané díry		Vrták šroubovitý Ø8 – HSS Co Ø6 – HSS Co  Záhlubník – 45°	
2/2	Pásová bruska Opti DBS 75  05692	Obrobná C2	Brousit tloušťku z obou stran na 5  Brousit zaoblení hran		Brousící pás SAITEX LAX 75 x 1180 P80; 75 x 1180 P120; 75 x 1180 P240	
3/3	Ruční pracoviště  09621	Domácí dílna	Očistit a barvit		Technický benzín Matný černý lak	
Název součásti: UPÍNACÍ PROFIL		Materiál: S235JR	Polotovar: Profil – L – rovnoramenný – 50 x 5 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:	
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Řezat na rozměr 65		Posuvné měřidlo	
1/1	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614	Obrobná C2	Vrtat díry Ø 6,8 pro závit M8 Vrtat díry Ø 8  Zahloubit vrtané díry		Vrták šroubovitý Ø6,8 – HSS  Záhlubník – 45°	
2/2	Ruční pracoviště  09621	Domácí dílna	Srazit hrany  Řezat závit M8  Očistit a barvit		Sada pilníků Sada závitníků M8  Technický benzín Matný černý lak	

# PŘÍLOHA Č. 1

Technologický postup pro výrobu jednotlivých dílů prototypu lovecké kuše

VUT v Brně FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Datum: 01.05.2021	List: 1 z 1
Název sestavy: PROTOTYP LOVECKÉ KUŠE			Název podsestavy: TĚLO KUŠE		Vyhotovil: Ventruba Petr	
Název součásti: TĚLO		Materiál: Dub letní	Polotovary: Hranoly – 40 x 150 – délka 1 500			
Číslo op. pořadové:		Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	
orientační:		Třídící číslo				
0/0		Srovnávací a tloušťkovací frézka  08111	Domácí dílna	Zarovnat tloušťku na 20	Posuvné měřidlo	
1/1		Formátovací pila ROBLAND  08111	Domácí dílna	Zakrátit na délku 1 000  Zarovnat na šířku 140	Metr svinovací	
2/2		Horní frézka Metabo  08111	Domácí dílna	Frézovat vybrání pro spouštěcí mechanismus  Frézovat sražení 10 x 45°	Fréza dvoubřitá na dřevo Ø8 Fréza srážecí 45° s vedením	
3/3		Spodní fréza JAROMA  08111	Domácí dílna	Frézovat vybrání pro směrovací křídélka šípové střely	Fréza kotoučová Ø120 x 10	
4/4		Stojanová vrtačka VS 20 A  04614	Domácí dílna	Vrtat díru Ø 6 Vrtat díry Ø 5	Vrták šroubovitý Ø6 – HSS; Ø5 – HSS	
5/5		Ruční pracoviště  09411	Domácí dílna	Lepit  Stáhnout svorkami	Lepidlo Ponal SUPER 3 Svorky	
6/6		Vrtací dlabačka TOS  08111	Domácí dílna	Frézovat drážku pro lanový systém  Vrtat díry Ø 8	Vrták dlabací Ø20 – HSS; Vrták šroubovitý Ø8 – HSS	
7/7		Pásová pila TOS  08111	Domácí dílna	Řezat tvar těla kuše		
8/8		Ruční pracoviště  09411	Domácí dílna	Vybrousit finální tvar těla kuše	Brousící papíry 637-KEPR A96 P80 – P400	
9/9		Ruční pracoviště  09411	Domácí dílna	Voskovat	TopOlej – High Solid – 3028 bezbarvý	

# PŘÍLOHA Č. 1

Technologický postup pro výrobu jednotlivých dílů prototypu lovecké kuše

VUT v Brně FSL, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Datum: 01.05.2021	List: 1 ze 3
Název sestavy: PROTOTYP LOVECKÉ KUŠE			Název podsestavy: KLADKOVÝ SYSTÉM		Vyhotovil: Ventruba Petr	
Název součásti: Kladky		Materiál: AW 6060	Polotovary: Ploché tyče – 120 x 8 – délka 500			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:	
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Řezat na rozměr 110		Posuvné měřidlo	
1/1	Konzolová frézka FV 25 CNC A  45214	Obrobná C2	Upnout na podložku za pomocí upínek  Frézovat dle programu		Vrták šroubovitý Ø5 – HSS Co; Ø4,2 – HSS Co Ø12 – HSS Fréza válcová Ø8 – HSS Co8	
2/2	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614	Obrobná C2	Zahloubit vyvrtané díry		Záhlubník – 45°	
3/3	Ruční pracoviště  09621	Domácí dílna	Řezat závity M5  Srazit hrany  Vybrousit drážku pro tětivu  Očistit a barvit		Sada závitníků M5  Sada pilníků  Technický benzín Matný černý lak	
Název součásti: VODÍČÍ KOSTKY		Materiál: S235JR	Polotovary: Plochá tyč – 25 x 15 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:	
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Řezat na rozměr 33		Posuvné měřidlo	
1/1	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614	Obrobná C2	Vrtat díru Ø 8, Vrtat díry Ø 5 pro závit M6  Zahloubit vyvrtané díry		Vrták šroubovitý Ø8 – HSS Co; Ø5 – HSS Co  Záhlubník – 45°	
2/2	Ruční pracoviště  09621	Domácí dílna	Zarovnat řezané plochy  Srazit hrany  Řezat závit M6 Očistit a barvit		Sada pilníků  Sada závitníků M6 Technický benzín Matný černý lak	



# PŘÍLOHA Č. 1

Technologický postup pro výrobu jednotlivých dílů prototypu lovecké kuše

VUT v Brně FSL, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Datum: 01.05.2021	List: 2 ze 3
Název sestavy: PROTOTYP LOVECKÉ KUŠE			Název podsestavy: KLADKOVÝ SYSTÉM		Vyhotovil: Ventruba Petr	
Název součásti: UPÍNACÍ ČEP		Materiál: S235JR	Polotovár: Kruhová tyč tažená za studena Ø 8 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:		Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:
orientační:		Třídící číslo				
0/0		Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Řezat na rozměr 90		Posuvné měřidlo
1/1		Soustruh univerzální SN 32  04122	Domácí dílna	Upnout do sklíčidla  Zarovnat čelní plochu  Soustružit zápich pro pojistný kroužek  Otočit a soustružit z druhé strany  Zarovnat čelo na celkovou délku 85  Soustružit zápich pro pojistný kroužek		Soustružnický nůž ubírací  Soustružnický nůž kopírovací  Soustružnický nůž zapichovací  Posuvné měřidlo
Název součásti: UPÍNACÍ KROUŽKY		Materiál: S235JR	Polotovár: Tyč kruhová válcovaná za tepla – Ø 20 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:		Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:
orientační:		Třídící číslo				
0/0		Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Řezat na rozměr 120		Posuvné měřidlo
1/1		Soustruh univerzální SN 32  04122	Domácí dílna	Upnout do sklíčidla  Zarovnat čelní plochu  Navrtat středící důlek  Vrtat středový otvor – při variantě A Ø 4,2 – při variantě B Ø 8  Soustružit Ø na 16  Soustružit drážky pro tětívu Upíchnout na rozměr 8		Soustružnický nůž ubírací  Soustružnický nůž kopírovací  Soustružnický nůž zapichovací  Posuvné měřidlo

# PŘÍLOHA Č. 1

Technologický postup pro výrobu jednotlivých dílů prototypu lovecké kuše

VUT v Brně FSI, ÚST	VÝROBNÍ POSTUP			Datum: 01.05.2021	List: 3 ze 3
Název sestavy: PROTOTYP LOVECKÉ KUŠE		Název podsestavy: KLADKOVÝ SYSTÉM		Vyhotovil: Ventruba Petr	
Název součásti: UPÍNACÍ KROUŽKY	Materiál: S235JR	Polotovar: Tyč kruhová válcovaná za tepla – Ø 20 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	Číslo op. pořadové: orientační:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště Třídící číslo	
orientační:	Třídící číslo				
2/2	Ruční pracoviště  09621	Domácí dílna	Řezat závit M5 – při variantě A  Očistit a barvit	Sada závitníku M5  Technický benzín, Matný černý lak	

# PŘÍLOHA Č. 1

Technologický postup pro výrobu jednotlivých dílů prototypu lovecké kuše

VUT v Brně FSL, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Datum: 01.05.2021	List: 1 ze 3
Název sestavy: PROTOTYP LOVECKÉ KUŠE			Název podsestavy: SPOUŠTĚCÍ MECHANISMUS		Vyhotovil: Ventruba Petr	
Název součásti: SKŘÍŇ		Materiál: AW 6060	Polotovary: Plochá tyč – 80 x 15 – délka 120			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:		
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Konzolová frézka FV 25 CNC A  45214	Obrobná C2	Upnout do strojního svěráku  Vrtat díry Ø 5  Frézovat vybrání dle programu	Vrták šroubovitý Ø5 – HSS Co  Fréza válcová Ø8 – HSS Co8		
1/1	Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Odříznou sražení 30 x 45°  Zakrátit spodní část na rozměr 80	Posuvné měřidlo		
2/2	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614	Obrobná C2	Vrtat díry Ø 4,2 pro závit M5 Vrtat díry Ø 3,3 pro závit M4 Vrtat díru Ø 6  Zahloubit vyvrtané díry	Vrták šroubovitý Ø 4,2 – HSS Co; Ø 3,3 – HSS; Ø6 – HSS Co  Záhlučník – 45°		
3/3	Ruční pracoviště  09621	Domácí dílna	Řezat závity M5 a M4  Vypilovat otvor pro šípovou střelu Zarovnat řezané plochy  Srazit hrany 1 x 45°  Očistit a barvit	Sada závitníků M5 a M4  Sada pilníků  Technický benzín Matný černý lak		
Název součásti: VÍKO		Materiál: AW 6060	Polotovary: Plochá tyč – 120 x 5 – délka 80			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:		
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Konzolová frézka FV 25 CNC A  45214	Obrobná C2	Upnout do strojního svěráku  Vrtat díry Ø 5  Frézovat vybrání dle programu	Vrták šroubovitý Ø5 – HSS Co  Fréza válcová Ø8 – HSS Co8		
1/1	Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Odříznou sražení 30 x 45°  Zakrátit spodní část na rozměr 80	Posuvné měřidlo		

# PŘÍLOHA Č. 1

Technologický postup pro výrobu jednotlivých dílů prototypu lovecké kuše

VUT v Brně FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Datum: 01.05.2021	List: 2 ze 3
Název sestavy: PROTOTYP LOVECKÉ KUŠE			Název podsestavy: SPOUŠTĚCÍ MECHANISMUS		Vyhotovil: Ventruba Petr	
Název součásti: VÍKO		Materiál: AW 6060	Polotovary: Plochá tyč – 120 x 5 – délka 80			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště		Dílna	Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	
orientační:	Třídící číslo					
2/2	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614		Obrobná C2	Vrtat díry Ø 5  Předvrtat díru Ø 6 pro otvor na pojistku  Zahloubit vyvrtané díry	Vrták šroubovitý Ø5 – HSS Co; Ø6 – HSS Co  Záhlubník – 45°	
3/3	Ruční pracoviště  09621			Domácí dílna	Vypilovat otvor na pojistku  Zarovnat řezané plochy  Srazit hrany 1 x 45°  Očistit a barvit	Sada pilníků  Technický benzín Matný černý lak
Název součásti: SPOUŠŤ		Materiál: S235JR	Polotovary: Plochá tyč – 100 x 10 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště		Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:	
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Pásová pila Pilous ARG 130  05967		Obrobná C2	Řezat na rozměr 100	Posuvné měřidlo	
1/1	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614		Obrobná C2	Vrtat díru Ø 5  Zahloubit	Vrták šroubovitý Ø5 – HSS Co  Záhlubník – 45°	
2/2	Ruční pracoviště  09621		Domácí dílna	Vybrousit požadovaný tvar  Očistit a barvit	Úhlová bruska Kotouč řezací BOSCH Ø125 x 1 Kotouč brousící BOSCH Ø125  Sada pilníků  Technický benzín Matný černý lak	

# PŘÍLOHA Č. 1

Technologický postup pro výrobu jednotlivých dílů prototypu lovecké kuše

VUT v Brně FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Datum: 01.05.2021	List: 3 ze 3
Název sestavy: PROTOTYP LOVECKÉ KUŠE			Název podsestavy: SPOUŠTĚCÍ MECHANISMUS		Vyhotovil: Ventruba Petr	
Název součásti: HÁČEK		Materiál: S235JR	Polotovár: Plochá tyč – 30 x 20 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:	
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Řezat na rozměr 40		Posuvné měřidlo	
1/1	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614	Obrobná C2	Vrtat díru Ø 5 Vrtat díru Ø 6 Vrtat díru Ø 10  Zahloubit		Vrták šroubovitý Ø5 – HSS Co; Ø6 – HSS Co; Ø10 – HSS  Záhlubník – 45°	
2/2	Ruční pracoviště   09621	Domácí dílna	Vybrousit požadovaný tvar  Očistit a barvit		Úhlová bruska Kotouč řezací BOSCH Ø125 x 1 Kotouč brousící BOSCH Ø125  Sada pilníků  Technický benzín Matný černý lak	
Název součásti: POJISTKA		Materiál: S235JR	Polotovár: Profil – L – Rovnoramenný – 50 x 5 – délka 1 000			
Číslo op. pořadové:	Název a označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	POPIS PRÁCE V OPERACI		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla a pomůcky:	
orientační:	Třídící číslo					
0/0	Pásová pila Pilous ARG 130  05967	Obrobná C2	Řezat na rozměr 50		Posuvné měřidlo	
1/1	Stojanová vrtačka VS 20 A  04614	Obrobná C2	Vrtat díru Ø 5  Zahloubit		Vrták šroubovitý Ø5 – HSS Co;  Záhlubník – 45°	
2/2	Ruční pracoviště   09621	Domácí dílna	Vybrousit požadovaný tvar  Očistit a barvit		Úhlová bruska Kotouč řezací BOSCH Ø125 x 1 Kotouč brousící BOSCH Ø125 Technický benzín Matný černý lak	